



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

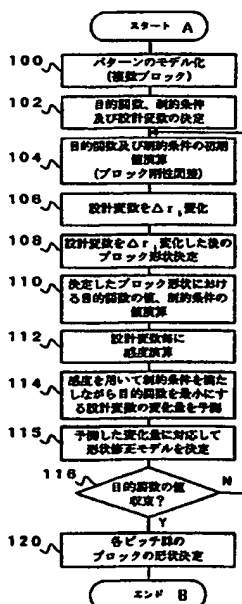
<p>(51) 国際特許分類 B60C 19/00, 11/00, G06F 17/50</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO98/29270</p> <p>(43) 国際公開日 1998年7月9日(09.07.98)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP97/04883</p> <p>(22) 国際出願日 1997年12月26日(26.12.97)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平8/350720 1996年12月27日(27.12.96) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 ブリヂストン (BRIDGESTONE CORPORATION)[JP/JP] 〒104 東京都中央区京橋一丁目10番1号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 石山 誠 (ISHIYAMA Makoto)[JP/JP] 〒187 東京都小平市小川東町3-5-506 Tokyo, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 中島 淳, 外(NAKAJIMA, Jun et al.) 〒160 東京都新宿区新宿4丁目3番17号 HK新宿ビル7階 太陽国際特許事務所 Tokyo, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>

(54) Title: PNEUMATIC TIRE DESIGNING METHOD

(54) 発明の名称 空気入りタイヤの設計方法

(57) Abstract

In order to obtain a single performance or a plurality of antinomic performances, the best mode of tire is designed under given conditions. Each block included in two designated pitch groups in a pitch array is modeled (100), and an object function representing a tire performance evaluating physical quantity, tire shape restricting conditions and a design variable constituting a wall surface angle which determines each block shape are determined (102). A corrected model is then determined by varying the design variable by Δr_i (104-108), and the value of the object function of the corrected model and those of the restricting conditions are computed, thereby the sensitivity of the object function and those of the restricting conditions are determined (110, 112), the variation of the design variable which minimizes the block rigidity difference is estimated, a corrected shape model is determined, and the block shapes of the pitch groups in a pitch array forming a tire is determined by computing the object function value and using the design variable (114-120).



A ... Start
B ... End
100 ... Model a pattern (a plurality of blocks).
102 ... Determine an object function, restricting conditions and design variables.
104 ... Compute the object function and initial values of the restricting conditions (block rigidity difference).
106 ... Vary the design variable by Δr_i .
108 ... Determine the shape of the block after the design variable has been varied by Δr_i .
110 ... Compute the value of the object function of the determined shape of the block and the values of the restricting conditions.
112 ... Compute the sensitivity of each design variable.
114 ... Estimate variation of the design variable which minimizes the object function, while satisfying the restricting conditions by using sensitivities.
116 ... Determine a corrected shape model correspondingly to the estimated variation.
118 ... The value of the object function converged?
120 ... Determine the shape of the block in each pitch group.

(57) 要約

単一の性能または二律背反する複数の性能を得ようとするとき、与えられた条件でタイヤのベストモードを設計する。ピッチ配列内の指定された2つのピッチ群に含まれる各ブロックをモデル化し(100)、タイヤ性能評価用物理量を表す目的関数、タイヤ形状を制約する制約条件及び各ブロック形状を決定する壁面角度である設計変数を決定する(102)。次に、設計変数を Δr_i ずつ変化させ、修正モデルを決定し(104~108)、修正モデルの目的関数の値と、制約条件の値を演算し、目的関数の感度及び制約条件の感度を求め(110、112)、ブロック剛性間差を最小にする設計変数の変化量を予測し、形状修正モデルを決定すると共に、目的関数値を演算し設計変数の値を用いてタイヤを構成するピッチ配列内各ピッチ群のブロック形状を決定する(114~120)。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SN	セネガル
AM	アルメニア	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
AT	オーストリア	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	TD	チャード
AU	オーストラリア	GB	英国	MC	モナコ	TG	トーゴ
AZ	アゼルバイジャン	GE	グルジア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GH	ガーナ	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BB	バルバドス	GN	ギニア	MK	マケドニア旧ユーゴス ラヴィア共和国	TR	トルコ
BE	ベルギー	GM	ギニア・ビサウ	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
BG	ブルガリア	GR	ギリシャ	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
BJ	ベナン	GU	グアム	MR	モロッコ	UG	ウガンダ
BR	ブラジル	HN	ホンジュラス	MW	マラウイ	US	米国
BY	ベラルーシ	ID	インドネシア	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CA	カナダ	IE	アイルランド	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CF	中央アフリカ コンゴ共和国	IL	イスラエル	NL	オランダ	YU	ユーゴスラヴィア
CG	コンゴ共和国	IS	アイスランド	NO	ノルウェー	ZW	ジンバブエ
CH	スイス	IT	イタリア	NZ	ニュージーランド		
CI	コートジボアール	JP	日本	PL	ポーランド		
CM	カメルーン	KE	ケニア	PT	ポルトガル		
CN	中国	KG	キルギス	RO	ルーマニア		
CU	キューバ	KR	韓国	RU	ロシア		
CY	キプロス	KZ	カザフスタン	SD	スーダン		
CZ	チェコ	LC	セント・ルシア セント・ビンセント セント・クリスピン	SE	スウェーデン		
DE	ドイツ	LI	リヒテンシュタイン	SG	シンガポール		
DK	デンマーク	LR	リベリア	SI	スロベニア		
EE	エストニア	LS	レソト	SK	スロバキア		
ES	スペイン			SL	シエラ・レオネ		

明細書

空気入りタイヤの設計方法

技術分野

本発明は、空気入りタイヤの設計方法にかかり、特に、タイヤの単一目的性能、二律背反性能等を達成するタイヤの構造、形状等の設計開発を効率的にかつ容易に設計することができる空気入りタイヤの設計方法に関する。

背景技術

従来のタイヤ設計方法は、実験及び計算機を用いた数値実験の繰り返しによる経験則から成り立っていた。このため、開発に必要な試作・試験の件数が膨大なものとなり、開発コストがアップし、開発期間もなかなか短縮できなかった。

例えば、タイヤのクラウン部形状は、タイヤの回転軸を含む断面において、数個の円弧によって設計されている。円弧の値は、数個のモールドを作成し、このモールドによるタイヤを試作・評価したデータから決定したり、数値実験を数多く行い決定したりしていたため、開発効率が良くなかった。

また、パターン設計は、自由度が大きいので、基本パターン案をタイヤにグルーピングしたり実際にモールドを作成した後にタイヤを試作して実車評価し、実車で生じた問題は基本パターン案を微修正することによって解決して最終的パターンに仕上げていた。このため、パターン設計は、タイヤ形状、構造設計に比較して最も工数を要する分野となっていた。

ところで、空気入りタイヤは、雨天走行時に発生するハイドロプレーニング現象の防止や、ブレーキ及びトラクション性能を確保するために、一般的にはタイヤ周方向のリブ溝とタイヤ径方向のラグ溝が配置されており、これらリブ溝とラグ溝に囲まれた島状陸部を有する、所謂ブロック・パターンが一般的である。

このようなブロックパターンでは、タイヤの運動性能、一般的には直進性能と、コーナリング性能との両者の性能が必要である。直進性能はタイヤ周方向のグリップ力が要求され、比較的固いゴムが適している。ところが、コーナリング性

能は、タイヤ幅方向のグリップ力が要求され、コーナリング時のグリップ力を高めるために、比較的柔らかいゴムが適しており、柔らかいゴムによってエネルギーロスを大きくすることが必要であり、二律背反している。

このため、最近では、乾燥、湿潤及び氷雪を含む路面状態において高速走行で安全かつ静寂なタイヤを設計するための理論的なアプローチが試みられており、タイヤのトレッドに形成する溝等は、数学的に算出した基準に従い、複数の可変ピッチ反復設計サイクルによって設計している。その設計値に基づいて、タイヤ円周上のピッチ及びピッチ配列を規定する横方向溝及び円周方向溝に分けられた陸部を有するトレッドを得ている。ここで、ピッチとは陸部の相対長さを指し、ピッチ配列とはタイヤ円周上に使われるピッチの順序をいう。なお、ピッチは、ピッチ長の比（ピッチ比）を用いることもある。

各ピッチは、様々な異なる長さであり得るが、実用目的から約9種類かそれ以下に限定され、あるピッチ配列における特定のピッチの特定長さは、タイヤの円周によって異なることになる（特開平4-232105号公報参照）。

しかしながら、上記ピッチやピッチ配列は、騒音性能の向上やハイドロプレーニング現象の防止、及び消費者の美的外観にマッチさせたデザイン的な要求等から決定されることが多くかつ、ピッチ配列内に、複数のピッチが反復して用いられる。このため、異なるピッチによる陸部の間では、剛性が不均一になる。従って、異なるピッチ間で偏磨耗が増加したり、製造時の真円度が悪化したりするという問題がある。

本発明は、上記事実を考慮して、二律背反する複数の性能を得ようとするとき、与えられた条件でタイヤのベストモードを設計することができると共に、タイヤの設計・開発を高効率化することができる空気入りタイヤの設計方法を提供することを目的である。

発明の開示

上記目的を達成するために請求項1に記載の発明の空気入りタイヤの設計方法は、（a）内部構造を含むブロック単体の形状、内部構造を含むタイヤクラウン部のうちの1部のパターン形状、及び内部構造を含むタイヤ周方向に連続する陸

部の形状のうち選択された1つの形状を表す異なる形状基本モデルを複数有するタイヤ基本モデルと、タイヤ性能評価用物理量を表す目的関数と、ブロック単体の形状またはパターン形状もしくは陸部の形状を決定する設計変数と、ブロック単体の形状、パターン形状及び陸部の形状のうち選択された1つの形状、タイヤ断面形状及びタイヤ性能評価用物理量の少なくとも1つを制約する制約条件とを定めるステップ、(b) 制約条件を考慮しながら、目的関数の最適値が与えられるまで設計変数の値を変化させながら演算することにより設計変数の値を求めるステップ、(c) 目的関数の最適値を与える設計変数に基づいてタイヤを設計するステップ、を含んでいる。

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明の空気入りタイヤの設計方法であって、前記設計変数は、前記異なる形状基本モデルの少なくとも1つを基準形状モデルとし、他のブロック単体の形状またはパターン形状もしくは陸部の形状を決定するためのものであることを特徴とする。

請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の発明の空気入りタイヤの設計方法であって、前記設計変数は、予め定めた前記形状基本モデルを基準モデルとし、ブロック単体の形状またはパターン形状もしくは陸部の形状を決定するためのものであることを特徴とする。

請求項4に記載の発明は、請求項1乃至請求項3の何れか1項に記載の空気入りタイヤの設計方法であって、前記ステップ(b)では、設計変数の単位変化量に対する目的関数の変化量の割合である目的関数の感度及び設計変数の単位変化量に対する制約条件の変化量の割合である制約条件の感度に基づいて制約条件を考慮しながら目的関数の最適値を与える設計変数の変化量を予測すると共に、設計変数を予測量に相当する量変化させたときの目的関数の値及び設計変数を予測量に相当する量変化させたときの制約条件の値を演算し、予測値と演算値とに基づいて、制約条件を考慮しながら目的関数の最適値を与える設計変数の値を求めることを特徴とする。

請求項5に記載の発明は、請求項1乃至請求項3の空気入りタイヤの設計方法であって、前記ステップ(a)では、内部構造を含むブロック単体の形状、内部構造を含むタイヤクラウン部のうちの1部のパターン形状、及び内部構造を含む

タイヤ周方向に連続する陸部の形状のうち選択された1つの形状を表す異なる形状基本モデルを複数有するタイヤ基本モデルを複数個含んだ選択対象集団を定め、該選択対象集団の各タイヤ基本モデルについて、前記目的関数、前記設計変数、前記制約条件、及び目的関数と制約条件とから評価できる適応関数を定め、前記ステップ（b）では、適応関数に基づいて前記選択対象集団から2つのタイヤ基本モデルを選択し、所定の確率で各タイヤ基本モデルの設計変数を交叉させて新規のタイヤ基本モデルを生成すること及び少なくとも一方のタイヤ基本モデルの設計変数の一部を変更させて新規のタイヤ基本モデルを生成することの少なくとも一方を行い、設計変数を変化させたタイヤ基本モデルの目的関数、制約条件及び適応関数を求めて該タイヤ基本モデル及び設計変数を変化させなかったタイヤ基本モデルを保存しかつ保存したタイヤ基本モデルが所定数になるまで繰り返す、保存した所定数のタイヤ基本モデルからなる新規集団が所定の収束条件を満たすか否かを判断し、収束条件を満たさないときには該新規集団を前記選択対象集団として該選択対象集団が所定の収束条件を満たすまで繰り返すと共に、該所定の収束条件を満たしたときに保存した所定数のタイヤ基本モデルのなかで制約条件を考慮しながら目的関数の最適値を与える設計変数の値を求めることを特徴とする。

請求項6に記載の発明は、請求項1乃至請求項5の何れか1項に記載の空気入りタイヤの設計方法であって、前記設計変数は、ブロック単体の形状、パターン形状及び陸部の形状のうち選択された1つの形状によって形成されるべきタイヤ陸部の面に連結された面の角度、前記タイヤ陸部の面までの高さ、前記タイヤ陸部の面の形状、前記タイヤ陸部の面に連結された面の形状、サイプの位置、本数、幅、深さ、傾き、形状及び長さのサイプ形状、の少なくとも1つを表す変数を含んでいることを特徴とする。

請求項7に記載の発明は、請求項1乃至請求項6の何れか1項に記載の空気入りタイヤの設計方法であって、前記形状基本モデルを複数有するタイヤ基本モデルの各々は、タイヤ周方向の長さが異なることを特徴とする。

請求項1の発明のステップ（a）では、内部構造を含むブロック単体の形状、内部構造を含むタイヤクラウン部のうちの1部のパターン形状、及び内部構造を

含むタイヤ周方向に連続する陸部の形状のうち選択された1つの形状を表す異なる形状基本モデルを複数有するタイヤ基本モデルと、タイヤ性能評価用物理量を表す目的関数と、ブロック単体の形状またはパターン形状もしくは陸部の形状を決定する設計変数と、ブロック単体の形状、パターン形状及び陸部の形状のうち選択された1つの形状、タイヤ断面形状及びタイヤ性能評価用物理量の少なくとも1つを制約する制約条件とを定める。なお、上記の内部構造を含むブロック単体、タイヤクラウン部、及びタイヤ周方向に連続する陸部とは、単一のゴムのみから形成された媒体を含むものである。

ブロック単体の形状を表す形状基本モデルとしては、ブロック単体の外面形状を特定するためのラインを表す関数や変曲点の座標値を表す変数から構成することができる。また、内部構造を含むタイヤクラウン部のうちの1部のパターン形状を表す形状基本モデルとしては、タイヤクラウン部のうちの1つの陸部の路面接地側のパターン形状を幾何学的に解析可能な関数、例えば長方形や菱形等の多角形を定めるための関数で構成できる。また、内部構造を含むタイヤ周方向に連続する陸部の形状を表す形状基本モデルとしては、タイヤ断面形状を表すラインを表す関数や変曲点の座標値を表す変数から構成することができる。

これら各形状基本モデルには、パターン形状及び陸部の形状のうち選択された1つの形状によって形成されるべきタイヤ陸部の面に連結された面の角度、タイヤ陸部の面までの高さ、タイヤ陸部の面の形状、タイヤ陸部の面に連結された面の形状、サイプの位置、本数、幅、深さ、傾き、形状及び長さのサイプ形状、の少なくとも1つを含ませることができる。さらに、形状基本モデルは、複数の要素に分割する有限要素法と呼ばれる手法によるモデルを用いても良く解析的手法によるモデルを用いても良い。

タイヤ基本モデルは、上記形状基本モデルのうち異なる形状基本モデルを複数有している。例えば、複数の可変ピッチ反復設計サイクルによって設計するため、タイヤ円周上のピッチ及びピッチ配列を規定した陸部を有するトレッドをモデル化したものを用いることができる。この場合、複数の異なるピッチがタイヤ円周上に形成されることになる。なお、タイヤ基本モデルは、複数の要素に分割する有限要素法と呼ばれる手法によるモデルを用いても良く解析的手法によるモデ

ルを用いても良い。

また、前記タイヤ基本モデルすなわち形状基本モデルを複数有するタイヤ基本モデルの各々は、請求項7にも記載したように、タイヤ周方向の長さが異なるものを用いることができる。タイヤには操縦安定性や静寂性を高めるため、複数の異なるピッチでタイヤ円周上に陸部が形成されたタイヤ（所謂ピッチバリエーションタイヤ）がある。このピッチバリエーションタイヤは通常周方向の長さのみが変更されることが多い。このため、周方向の長さが異なるような形状基本モデルの複数をタイヤ基本モデルとすることにより、ピッチバリエーションタイヤを想定したタイヤの設計が容易となる。

性能評価用物理量を表す目的関数としては、ブロック剛性等のタイヤの運動性能の優劣を支配する物理量を使用することができる。ブロック単体の形状またはパターン形状もしくは陸部の形状を決定する設計変数は、請求項6にも記載したように、パターンを決定するものとして、ブロック単体の形状、パターン形状及び陸部の形状のうち選択された1つの形状によって形成されるべきタイヤ陸部の面に連結された面の角度（すなわちブロック単体ならブロック溝壁角度）、前記タイヤ陸部の面までの高さ（すなわち溝が形成されるなら溝深さ）、前記タイヤ陸部の面の形状、前記タイヤ陸部の面に連結された面の形状、サイプの位置、本数、幅、深さ、傾き、形状及び長さのサイプ形状、の少なくとも1つを表す変数を用いることができる。制約条件としては、トレッド厚の制約、ブロック剛性の制約、タイヤに形成される陸部の側面の角度（例えばブロック単体ならブロック溝壁角度）の制約等がある。なお、目的関数、設計変数及び制約条件は、上記の例に限られるものではなく、タイヤ設計目的に応じて種々のものを定めることができる。

次のステップ（b）では、制約条件を考慮しながら、目的関数の最適値が与えられるまで設計変数の値を変化させながら演算することにより設計変数の値を求める。この場合には、請求項4にも記載したように、設計変数の単位変化量に対する目的関数の変化量の割合である目的関数の感度及び設計変数の単位変化量に対する制約条件の変化量の割合である制約条件の感度に基づいて制約条件を考慮しながら目的関数の最適値を与える設計変数の変化量を予測すると共に、設計変

数を予測量に相当する量変化させたときの目的関数の値及び設計変数を予測量に相当する量変化させたときの制約条件の値を演算し、予測値と演算値とに基づいて制約条件を考慮しながら目的関数の最適値を与える設計変数の値を求めると効果的である。これによって、制約条件を考慮し目的関数の値が最適になるときの設計変数の値が求められる。

そしてステップ（c）では、目的関数の最適値を与える設計変数に基づいてタイヤ基本モデルを変更することによりタイヤを設計する。

従って、異なる形状基本モデルを複数有したタイヤ基本モデルについて、目的関数の最適値を与える設計変数、すなわち、ブロック単体の形状またはパターン形状もしくは陸部の形状を表す選択された形状基本モデルが定まり、例えば、タイヤ円周上のあるピッチで定まる形状が求められ、剛性均一等がなされたタイヤを設計することができる。

上記の設計変数は、請求項2にも記載したように、異なる形状基本モデルの少なくとも1つを基準形状モデルとし、他のブロック単体の形状またはパターン形状もしくは陸部の形状を決定するためのものとして設定できる。このように、設定することにより、基準形状モデルとして設定された形状基本モデルを基準として、その基準形状モデルに沿って剛性均一等がなされたタイヤを設計することができる。

また、請求項3にも記載したように、前記設計変数は、予め定めた前記形状基本モデルを基準モデルとし、ブロック単体の形状またはパターン形状もしくは陸部の形状を決定するためのものとして設定できる。このように、設定することにより、基準形状モデルとして設定された形状基本モデルを基準として、その基準形状モデルに沿って剛性均一等がなされたタイヤを設計することができる。すなわち、剛性均一等をなすために予め予想値として前記形状基本モデルを定めておき、その予想値として定められた形状基本モデルを基準として、その基準形状モデルに沿って剛性均一等がなされたタイヤを設計することができる。

請求項5では、前記ステップ（a）において、内部構造を含むブロック単体の形状、内部構造を含むタイヤクラウン部のうちの1部のパターン形状、及び内部構造を含むタイヤ周方向に連続する陸部の形状のうち選択された1つの形状を表

す異なる形状基本モデルを複数有するタイヤ基本モデルを複数個含んだ選択対象集団を定め、該選択対象集団の各タイヤ基本モデルについて、前記目的関数、前記設計変数、前記制約条件、及び目的関数と制約条件とから評価できる適応関数を定める。

次に、ステップ（b）において、適応関数に基づいて前記選択対象集団から2つのタイヤ基本モデルを選択し、所定の確率で各タイヤ基本モデルの設計変数を交叉させて新規のタイヤ基本モデルを生成すること及び少なくとも一方のタイヤ基本モデルの設計変数の一部を変更させて新規のタイヤ基本モデルを生成することの少なくとも一方を行い、設計変数を変化させたタイヤ基本モデルの目的関数、制約条件及び適応関数を求めて該タイヤ基本モデル及び設計変数を変化させなかったタイヤ基本モデルを保存しかつ保存したタイヤ基本モデルが所定数になるまで繰り返し、保存した所定数のタイヤ基本モデルからなる新規集団が所定の収束条件を満たすか否かを判断し、収束条件を満たさないときには該新規集団を前記選択対象集団として該選択対象集団が所定の収束条件を満たすまで繰り返すと共に、該所定の収束条件を満たしたときに保存した所定数のタイヤ基本モデルのなかで制約条件を考慮しながら目的関数の最適値を与える設計変数の値を求める。この目的関数の最適値を与える設計変数の値に基づいて、ステップ（c）でタイヤ基本モデル等を変更することによりタイヤを設計する。

この場合、ステップ（b）において、設計変数を変化させたタイヤ基本モデルについて、設計変数の単位変化量に対する目的関数の変化量の割合である目的関数の感度及び設計変数の単位変化量に対する制約条件の変化量の割合である制約条件の感度に基づいて制約条件を考慮しながら目的関数の最適値を与える設計変数の変化量を予測すると共に、設計変数を予測量に相当する量変化させたときの目的関数の値及び設計変数を予測量に相当する量変化させたときの制約条件の値を演算し、目的関数の値及び制約条件の値から適応関数を求めて該タイヤ基本モデル及び設計変数を変化させなかったタイヤ基本モデルを保存しかつ保存したタイヤ基本モデルが所定数になるまで繰り返すことが更に効果的である。これによっても、制約条件を考慮し目的関数の値が最適になるときの設計変数の値が求められる。なお、目的関数及び制約条件から評価できる適応関数は、目的関数及び

制約条件からタイヤ基本モデルに対する適応度を求める関数を使用することができる。また、目的関数、設計変数、制約条件及び適応関数は、上記の例に限られるものではなく、タイヤ設計目的に応じて種々のものを定めることができる。さらに、前記タイヤ基本モデルの設計変数の交叉には、選択した2つのタイヤモデルの設計変数についてその一部または所定部位以降の設計変数を交換する方法がある。さらにまた、タイヤ基本モデルの設計変数の一部の変更には、予め定めた確率等で定まる位置の設計変数を変更（突然変異）する方法がある。

以上説明したように本発明によれば、制約条件を考慮した目的関数の最適値を与える設計変数を求め、この設計変数から異なるブロック形状やパターン等を含んだタイヤを設計できるので、従来の試行錯誤を基本とした設計・開発と異なり、コンピューター計算を主体にしてベストモードの設計から設計されたタイヤの性能評価までがある程度可能となり、著しい効率化を達成でき、開発にかかる費用が削減され、使用用途に応じたタイヤを構成するブロック形状やパターンを設計することができる、という効果がある。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施の形態に使用されるパーソナルコンピュータの概略図である。

図2はピッチ及びピッチ配列によりタイヤ形状を表したイメージ図である。

図3は、本発明の第1実施の形態にかかる、タイヤ形状設計処理ルーチンの流れを示すフローチャートである。

図4は、最適化ルーチンの流れを示すフローチャートである。

図5は、設計変数を決定する角度演算ルーチンの流れを示すフローチャートである。

図6は、ピッチ群内の1つのブロックの形状基本モデルを示す線図である。

図7は、壁面角度を説明するための説明図である。

図8は、図7の断面図である。

図9は、多数の壁面による設計変数を説明するための踏面形状を示す線図であ

る。

図 1 0 は、面取りされたブロックの踏面形状を示す線図である。

図 1 1 は、曲面による壁面を有するブロックの踏面形状を示す線図である。

図 1 2 は、図 1 1 と異なる方向の曲面による壁面を有するブロックの断面形状を示す線図である。

図 1 3 は、設計変数決定の他の処理の流れを示すフローチャートである。

図 1 4 は、設計変数の他例を説明するための説明図である。

図 1 5 は、ブロックに形成されるサイプの諸形状を示す線図である。

図 1 6 は、図 1 5 の I - I 断面図である。

図 1 7 はブロックの中途までに形成されるサイプの長さを示す線図である。

図 1 8 は、本発明の第 2 実施の形態にかかる、タイヤ形状設計処理ルーチンの流れを示すフローチャートである。

図 1 9 は、本発明の第 3 実施の形態にかかる、タイヤ形状設計処理ルーチンの流れを示すフローチャートである。

図 2 0 は、交叉処理の流れを示すフローチャートである。

図 2 1 は、突然変異処理の流れを示すフローチャートである。

図 2 2 A は、連続的な山型写像関数を示す線図であり、図 2 2 B は線型的な山型写像関数を示す線図である。

図 2 3 A は、連続的な谷型写像関数を示す線図であり、図 2 3 B は線型的な谷型写像関数を示す線図である。

図 2 4 は、第 4 実施の形態にかかるブロックを示す線図である。

図 2 5 A、図 2 5 B は、方向に対する単位面積当たりの剛性を示す線図であり、図 2 5 A はトレッド厚を均一にする最適化前の従来の剛性、図 2 5 B はトレッド厚を均一にした本実施の形態による最適化後の剛性を示した。

図 2 6 は底上げ量を説明するための隣り合うブロックを示す斜視図である。

図 2 7 は第 5 実施の形態にかかるタイヤ形状を表したイメージ図である。

図 2 8 は第 5 実施の形態にかかり、厚さ均一化でかつ剛性均一化の最適化が施された後の方向に対する単位面積当たりの剛性を示す線図である。

図 2 9 A ~ 図 2 9 D は、第 5 実施の形態にかかる構成によるピッチ配列で作成

したタイヤの室内ユニフォミティ結果を示し、図 2 9 A は R F V による結果を示し、図 2 9 B は高速 R F V による結果を示し、図 2 9 C は高速 T F V による結果を示し、図 2 9 D は L F V による結果を示している。

図 3 0 は、第 5 実施の形態にかかり、トレッド厚さの測定結果を示す線図である。

図 3 1 A、図 3 1 B は、第 5 実施の形態にかかり、異なるタイヤについて、方向に対する単位面積当たりの剛性を示す線図であり、図 3 1 A は従来の剛性について示し、図 3 1 B はトレッド厚を均一及び剛性均一にした本実施の形態による最適化後の剛性を示した。

図 3 2 は、第 6 実施の形態にかかり、小ピッチから大ピッチと連続するトレッドパターンを示した線図である。

図 3 3 A は、小ピッチ及び大ピッチのブロック形状の方向性を示す線図であり、図 3 3 B は小ピッチ及び大ピッチのブロックに施す面取り位置を示すイメージ図であり、図 3 3 C は面取り方法を示す線図である。

図 3 4 は、第 1 実施例にかかり小ピッチ、中ピッチ及び大ピッチのブロックに施すタイヤ周方向の面取り位置を説明するための説明図である。

図 3 5 A、図 3 5 B は、第 1 実施例にかかり、面取りを施したブロックについてブロック剛性を示し、図 3 5 A は従来のブロック剛性を示し、図 3 5 B は第 1 実施例のブロック剛性を示している。

図 3 6 は、第 2 実施例にかかり小ピッチ、中ピッチ及び大ピッチのブロックに施すタイヤ幅方向の面取り位置を説明するための説明図である。

図 3 7 A、図 3 7 B は、第 2 実施例にかかり、面取りを施したブロックについてブロック剛性を示し、図 3 7 A は従来のブロック剛性を示し、図 3 7 B は第 1 実施例のブロック剛性を示している。

図 3 8 は、第 3 実施例にかかり小ピッチのブロックに施すタイヤ幅方向の面取り位置を説明するための説明図である。

図 3 9 は、第 3 実施例にかかり中ピッチのブロックに施すタイヤ幅方向及びタイヤ周方向の面取り位置を説明するための説明図である。

図 4 0 は、第 3 実施例にかかり中ピッチのブロックに施す面取り位置を説明す

るための説明図である。

図 4 1 は、第 3 実施例にかかり大ピッチのブロックに施すタイヤ周方向の面取り位置を説明するための説明図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して本発明の実施の形態の一例を詳細に説明する。

図 1 には本発明の空気入りタイヤの設計方法を実施するためのパーソナルコンピュータの概略が示されている。

このパーソナルコンピュータは、データ等を入力するためのキーボード 1 0、予め記憶されたプログラムに従って制約条件を満たしかつ目的関数を最適、例えば最大または最小にする設計変数を演算するコンピュータ本体 1 2、及びコンピュータ本体 1 2 の演算結果等を表示する C R T 1 4 から構成されている。

〔第 1 実施の形態〕

先ず、第 1 実施の形態を説明する。本実施の形態は、走行時の騒音が少ない静寂性を向上させるため等によって定められた、複数のピッチ及びそのピッチが配列されたピッチ配列のタイヤについて、操縦安定性や耐偏磨耗性を向上させるために、ブロック剛性間差を均一化してタイヤ形状を決定するものである。

なお、複数のピッチの各々はピッチ長を有するが、計算を簡単にするため、ピッチはピッチ長の比（以下、ピッチ比という。）を整数化した値を対応させることができる。例えば、大ピッチ、中ピッチ、及び小ピッチの 3 種類のピッチを含むとき、各々は整数で対応される。また、ブロック剛性間差を均一にすると、ピッチ配列上において、隣り合うピッチが同一のピッチであるピッチ群について、異なるピッチである複数のピッチ群の間で剛性の分布が一致または略一致、すなわち剛性の差が略零にすることという。

図 3 は、本実施の形態のプログラムの処理ルーチンを示すものである。ステップ 3 0 0 ～ 3 0 4 では、タイヤのトレッドに形成されるピッチ配列を数值的・解析的に扱うことを可能にするため、数値入力が行なわれる。

詳細には、ステップ 3 0 0 では、予め求めた静寂なタイヤのピッチ配列を構成

するに必要な値または経験的に求められる値が設定値として入力される。この設定値には、例えば、ピッチの総数 N 、最大ピッチ（ピッチ比： $\alpha_{max} = 11.0$ ）、最小ピッチ（ピッチ比： $\alpha_{min} = 7.0$ ）がある。なお、ピッチ長そのものの値を入力してもよい。

ステップ302では、ピッチの種類の数 M （ M は自然数、本実施の形態では2～9のいずれか1つとして3を用いる）を決定し、ステップ304においてピッチ配列に含まれるピッチの種類数が M 個でありピッチの総数が N 個であるピッチ配列 V を入力し、このピッチ配列 V を初期値とする。

すなわち、 M 個のピッチ Y_i （ $1 \leq i \leq 3$ ）を1～9までの自然数に対応させ、ピッチの総数 N であることから N 桁の配列を指定することによって、ピッチが配列値である自然数の各桁に対応して表現されるピッチ配列 V を生成する。このピッチ配列 V は、予め実験や計算によって求められている。

図2に示すように、ピッチ配列 V によって定まるタイヤ20は、3種類のピッチ、すなわち小ピッチ Y_1 、中ピッチ Y_2 、大ピッチ Y_3 を含んで構成されており、小ピッチ Y_1 が連続するピッチ群 PT_1 、中ピッチ Y_2 が連続するピッチ群 PT_2 、大ピッチ Y_3 が連続するピッチ群 PT_3 がタイヤ20上に形成される。図2の例では、タイヤ20の基準20sから時計回りの方向で、ピッチ群 PT_1 、 PT_2 、 PT_3 、 PT_2 、 PT_2 、 PT_3 、 PT_2 、 PT_1 、 PT_1 が連続するように、ピッチ配列 V が構成される。

なお、本実施の形態では、ピッチ群 PT_1 、 PT_2 、 PT_3 の各々は、小ピッチ Y_1 、中ピッチ Y_2 、大ピッチ Y_3 の各々が連続する複数個のピッチからなるものとして説明するが、本発明はこれに限定されるものではなく、ピッチ群 PT_1 、 PT_2 、 PT_3 の各々を単一のピッチで構成してもよい。すなわち、ピッチ群 PT_1 、 PT_2 、 PT_3 の少なくとも1つの群が小ピッチ Y_1 、中ピッチ Y_2 、大ピッチ Y_3 の何れかのみからなるものでもよい。

このように、所定ピッチが連続するピッチ群が複数あって、異なるピッチ群を複数有するタイヤ20は、これらのピッチ群の間において剛性に差異が生じる。すなわち、一般的には小ピッチのブロックはタイヤ周方向の剛性は小さいがタイヤ幅方向の剛性は大きい。一方、大ピッチのブロックはタイヤ周方向の剛性は大

きいがタイヤ幅方向の剛性は小さい。これにより、小ピッチのピッチ群と大ピッチのピッチ群との間では剛性差が生じるため、ステップ 306 において 2 つのピッチ群を指定して、次のステップ 308 で各ピッチ群間の剛性間差を均一にする最適化を行う。

すなわち、ステップ 306 では、ピッチ配列 V により特定されるタイヤ 20 のピッチ群を 2 つ指定する。本実施の形態では、大ピッチのピッチ群 PT_3 と小ピッチのピッチ群 PT_1 を指定した場合を説明する。次のステップ 308 では、これらのピッチ群 PT_1 , PT_3 を図 4 の最適化ルーチンによって最適化する。

図 4 のステップ 100 では、ピッチ配列により特定されるタイヤ形状の 1 ブロックを基準形状とし、ステップ 306 で指定された 2 つのピッチ群 PT_1 , PT_3 の各々に含まれるブロック BL_1 , BL_3 について、この基準形状を有限要素法等のようにブロック剛性を数值的・解析的に求めることができる手法によりモデル化し、内部構造を含むタイヤ形状を表すと共にメッシュ分割によって複数の要素に分割された形状基本モデルをピッチ群毎に求める。なお、基準形状は、自然平衡状態のタイヤ形状の 1 ブロックに限らず任意の形状でよい。ここで、モデル化とは、タイヤ形状、構造、材料、パターンを、数值的・解析的手法に基づいて作成されたコンピュータプログラムへのインプットデータ形式に数値化することを用いる。

図 6 はピッチ群 PT_1 の 1 つのブロック BL_1 の形状基本モデルの一例を示すもので、1 ブロックは 8 つの点 D_1 , D_2 , D_3 , D_4 , D_{11} , D_{12} , D_{13} , D_{14} で定めることができる。図中、矢印 A はタイヤ周方向を、矢印 B はタイヤ幅方向を、矢印 C はタイヤ半径方向を、示す。また、 PP は 1 ブロックの踏面を表し、 PL_1 , PL_2 , PL_3 , PL_4 は踏面形状を表すライン、 D_1 , D_2 , D_3 , D_4 は踏面形状を表すラインの交点である踏面の頂点を各々示している。このモデルでは踏面 PP が四角形であるため、踏面 PP には壁面 HP_1 , HP_2 , HP_3 , HP_4 が連結される。また、踏面 PP と略平行に底面 BP が形成され、壁面と底面とにより底点 D_{11} , D_{12} , D_{13} , D_{14} が形成される。

上記の壁面と底面との間の間隔は所謂溝深さに対応させることもできる。また、形状基本モデルは、複数の要素に分割可能になっており、タイヤ表面の複数の

法線によって複数の要素に分割してもよく、また設計目的によって3角形等の任意の形状に分割してもよい。

なお、ピッチ群 PT_3 の1つのブロック BL_3 の形状基本モデルは、上記ブロック BL_1 と同様のため、詳細な説明を省略し、対応する符号を説明する。ブロック BL_3 は、ブロック BL_1 の8つの点 $D_1, D_2, D_3, D_4, D_{11}, D_{12}, D_{13}, D_{14}$ に対応して点 $D_5, D_6, D_7, D_8, D_{51}, D_{62}, D_{73}, D_{84}$ が定められる。また、ブロック BL_1 の踏面形状を表すライン PL_1, PL_2, PL_3, PL_4 に対応して、ブロック BL_3 はライン PL_5, PL_6, PL_7, PL_8 を有し、ブロック BL_1 の踏面の頂点 D_1, D_2, D_3, D_4 に対応して頂点 D_5, D_6, D_7, D_8 を有している。また、ブロック BL_1 の踏面に連結される壁面 HP_1, HP_2, HP_3, HP_4 に対応してブロック BL_3 の踏面には壁面 HP_5, HP_6, HP_7, HP_8 連結される。また、ブロック BL_1 の壁面と底面とにより形成される底点 $D_{11}, D_{12}, D_{13}, D_{14}$ に対応して底点 $D_{51}, D_{62}, D_{73}, D_{84}$ が形成される。

次のステップ102では、タイヤ性能評価用物理量を表す目的関数、タイヤ形状を制約する制約条件及びタイヤ形状を決定する、すなわち各ピッチ群の要素であるブロックのブロック形状を決定する設計変数を決定する。本実施の形態では、操縦安定性や耐偏磨耗性を向上させるために、目的関数 OBJ 及び制約条件 G を次のように定めている。

目的関数 OBJ ：ブロック剛性間差を均一にする

制約条件 G ：タイヤ形状を制約するトレッド厚を均一にする

なお、上記目的関数 OBJ として定めたブロック剛性間差は、各ピッチ群 PT_1, PT_3 毎に、タイヤ上に設けられるブロック BL_1, BL_3 の位置を定めて各ブロックについてタイヤ周方向の剛性からタイヤ幅方向の剛性までを周知の剛性方程式で所定角度毎に求め、各ピッチ群 PT_1, PT_3 のブロック間の剛性差の値と、差のばらつき、例えば平均値と偏差を用いて計算することができる。従って、ピッチ配列上において、隣り合うピッチが同一のピッチであるピッチ群 PT_1, PT_3 の間で、剛性の分布や剛性の差を求めることになる。この剛性を求める方向の範囲や角度差分値を予め定めることによって、ブロック剛性について

方向性を有するブロックを設計することができる。

また、制約条件Gとして定めたトレッド厚は、タイヤ上に設けられるブロック BL_1 , BL_3 を有するタイヤを形成するときに、ブロック BL_1 , BL_3 が必要とする体積以外の体積、すなわち、溝の体積から求めることができる。つまり、溝の体積に応じてタイヤ半径方向のゴム等の材料の流出量が定まり、この値からトレッド厚を推定できる。

さらに、設計変数は、本実施の形態では、壁面角度を採用しており、図5の角度演算ルーチンによって設定される。この角度演算ルーチンのステップ130では、図7に示すようにタイヤ内部の所定点（例えばタイヤ中心点）に基準点Pを設定する。次のステップ132では、ブロックの壁面を傾斜させることが可能な範囲をブロック形状を変化させる範囲として指定する。ステップ134では、踏面の頂点から隣り合う1組の点を選択することによってブロックの壁面を選択する。図7の例ではピッチ群 PT_1 のブロック BL_1 の点 D_1 , D_2 を選択することによって壁面 HP_1 が選択されている。次のステップ138では、選択した壁面の稜線、図7の例ではライン PL_1 を通過する基準点Pからの直線、すなわちタイヤ半径方向の直線を基準線として、図7及び図8に示すように、基準線と、選択した壁面 HP_1 との成す角度 θ_1 を演算する。

次のステップ140では、残存する踏面の頂点からの隣り合う1組の点があるか否かを判断することで他に壁面があるか否かを判断し、残存しステップ140で肯定判断されたときはステップ134へ戻り上記処理を繰り返す。これによって、各壁面毎に角度 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots$ (以下一般化して θ_i と表す。ただし、 $i = 1, 2, \dots$ 壁面の最大数) が演算される。全ての壁面について角度 θ_i が演算されると(ステップ140で否定判断)、次のステップ142において壁面角度 θ_i を設計変数 r_i として設定する。

このようにして目的関数OBJ、制約条件G及び設計変数 r_i を決定した後、図4のステップ104において、設計変数 r_i の初期値 r_o における目的関数OBJの初期値 OBJ_o 及び制約条件Gの初期値 G_o を演算する。

次に、図4のステップ106では、形状基本モデルを変化させるために設計変数 r_i を各々 Δr_i ずつ変化させる。なお、この設計変数 r_i の変化は、全設計

変数 r_i を同時に変化させてもよく、また設計変数 r_i のうちの1つ、もしくは設計変数 r_i のうちの複数の設計変数を同時に Δr_i 変化させてもよい。次のステップ108では、 Δr_i 変化させた壁面の角度によって形成される各ブロックの形状、すなわち壁面の角度が変化したことによる各点 $D_1, D_2, D_3, D_4, D_{11}, D_{12}, D_{13}, D_{14}$ 、及び点 $D_5, D_6, D_7, D_8, D_{51}, D_{62}, D_{73}, D_{84}$ の座標を求め、設計変数を Δr_i 変化させた後の各ブロック形状、すなわち各々の形状修正モデルを決定する。

ステップ110では、ステップ108で求めた形状修正モデルについて設計変数を Δr_i 変化させた後の目的関数の値 OBJ_i 、制約条件の値 G_i を演算し、ステップ112で以下の式に従って、設計変数の単位変化量に対する目的関数の変化量の割合である目的関数の感度 $dOBJ/dr_i$ 、及び設計変数の単位変化量に対する制約条件の変化量の割合である制約条件の感度 dG/dr_i を各設計変数毎に演算する。

$$\begin{aligned} \frac{dOBJ}{dr_i} &= \frac{OBJ_i - OBJ_o}{\Delta r_i} \\ \frac{dG}{dr_i} &= \frac{G_i - G_o}{\Delta r_i} \end{aligned} \quad \dots (3)$$

この感度によって、設計変数を Δr_i 変化させたときに目的関数の値及び制約条件の値がどの程度変化するか予測することができる。なお、この感度は、タイヤのモデル化に用いた手法や設計変数の性質によっては、解析的に求められる場合があるので、その際にはステップ110の演算は不要になる。

次のステップ114では、目的関数の初期値 OBJ_o 、制約条件の初期値 G_o 、設計変数の初期値 r_o 及び感度を用いて、数理計画法により制約条件を満たしながら目的関数を最小にする、すなわちブロック剛性間差を最小にする設計変数の変化量を予測する。この設計変数の予測値を用いて、ステップ115でステップ108と同様の方法により各形状修正モデルを決定すると共に、目的関数値を演算する。ステップ116において、ステップ115で演算した目的関数値 OBJ

Jとステップ104で演算した目的関数の初期値OBJ₀との差と、予めインプットされたしきい値とを比較することで目的関数の値が収束したか否かを判断し、目的関数の値が収束していない場合にはステップ114で求められた設計変数値を初期値として、ステップ104からステップ116を繰り返し実行する。目的関数の値が収束したと判断されたときには、このときの設計変数の値をもって制約条件を満たしながら目的関数を最小にする設計変数の値とし、ステップ120においてこの設計変数の値を用いて各ピッチ群の各ピッチを構成する各ブロック形状を決定する。これによって、タイヤの一部を構成する2つのピッチ群の形状が定まる。

本実施の形態では、1つのブロックの壁面を4つの場合を例にしたが、多数の壁面が形成されたブロックへの適用も可能である。この多数の壁面が形成されたブロックは、その踏面が多角形状を形成した踏面形状を表す複数ラインを有していると考えることができる。例えば、図9に示すように、1ブロックの踏面PP_aは4つの点D₁, D₂, D₃, D₄を基本として、点D₂と点D₃との間に点D₂₁, D₂₂, D₂₃, D₂₄を形成し、点D₂と点D₃とを結ぶラインPL₂ (図6)に代えて、ラインPL₂₁, PL₂₂, PL₂₃, PL₂₄, PL₂₅が形成される。同様に、点D₁と点D₄との間に点D₄₁, D₄₂, D₄₃, D₄₄を形成し、ラインPL₄に代えて、ラインPL₄₁, PL₄₂, PL₄₃, PL₄₄, PL₄₅が形成される。従って、踏面PP_aには各ラインから連続する壁面HP₁, HP₂₁, HP₂₂, HP₂₃, HP₂₄, HP₂₅, HP₃, HP₄₁, HP₄₂, HP₄₃, HP₄₄, HP₄₅が連結される。これらの壁面HP₁ ~ HP₄₅の少なくとも1つを設計変数に定めることができる。

また、図10に示すように、1ブロックの角を所定量だけ削った、所謂面取りしたブロック形状への適用も容易である。図10の例では、1ブロックの踏面PP_bは4つの点D₁, D₂, D₃, D₄を基本として、点D₁側と点D₄側を面取りする場合の例である。面取り量は、ブロックの点D₁側の角が削られて形成されるべき点D_{1A}, D_{1B}, 及び点D₄側の角が削られて形成されるべき点D_{3A}, D_{3B}の座標を定めることで求めることができる。従って、予め面取り量を定めれば、各削り取るべき位置、すなわち点を定めることができ、この面取りによ

り形成されるべき壁面を含めた壁面の少なくとも1つを設計変数に定めることができる。

なお、上記では、ブロックの壁面を形成するラインが直線の場合を説明したが、ラインは直線に限定されるものではなく、図11に示すように、所定関数で表された曲線であってもよい。図11の例では、1ブロックの踏面 PP_c は4つの点 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 を有するが、点 D_1 と点 D_2 とを結ぶライン PL_{1c} が所定の関数（例えば、多次元曲線や双曲線）で表され、点 D_3 と点 D_4 とを結ぶライン PL_{3c} も所定の関数（例えば、多次元曲線や双曲線）で表される。この場合、ライン PL_{1c} 、 PL_{3c} をラグランジェ補間によって曲線形状を定めてもよく、曲線自体を設計変数として変化させてもよい。また、踏面 PP_c の各ラインから連続する壁面は曲面となるが、1つの壁面を微小領域（微小平面）に分割して考えて、ラグランジェ補間等を用いて壁面を定めればよい。また、図12に示すように踏面 PP_d に連続する壁面そのものの形状を曲面にしてもよい。

このように、2つのピッチ群についてブロック単体での剛性を均一化できるので、タイヤトレッド部の接地面におけるブロック形状に影響されることなく、コーナリング性能や直進性能等の要求性能に応じて、タイヤのラグ溝形状やリブ溝形状等の適正化、及びタイヤ幅方向位置での適正化を図ることができ、タイヤの耐磨耗性と運動性能を高度に両立することができる。

なお、上記設計変数には、斜角度を採用することができる。この設計変数の設定は、図5の処理に代えて図13の斜角度演算ルーチンの実行によりなされる。斜角度演算ルーチンのステップ150では、図14に示すようにタイヤの踏面の所定点（図14の例では頂点 D_1 ）に基準点 Q を設定する。次のステップ152では、ブロックの踏面のラインを傾斜させることが可能な範囲をブロック形状（踏面形状）を変化させる範囲として指定する。ステップ154では、踏面の指定された頂点に隣り合う点のうちラインを傾斜させるための点を選択することによってブロックの壁面を選択する。図14の例では点 D_4 を選択することによって壁面 HP_1 に連続するライン PL_1 が選択される。なお、ブロック形状として対向するラインを平行に維持させるため、ライン PL_1 の選択に合わせて対応するライン PL_2 も選択することが好ましい。次のステップ156では、選択したラ

イン PL_1 と基準線（タイヤ幅方向と平行な方向の直線）との成す角度 δ を演算する。この角度 δ が斜角度である。次のステップ 158 では、斜角度を変化させるための変数として、ライン PL_2 、 PL_1 を規定する点 D_3 、 D_4 の座標点を求める。この踏面形状はタイヤ幅方向の長さ L_1 とタイヤ周方向の長さ L_2 が予め定められているので、この各長さを変化させることなく斜角度 δ を変化させなければならない。このためには、点 D_3 、 D_4 は、タイヤ周方向に移動させればよい。この移動量 S_1 を設計変数 r_1 として設定する。

また、設計変数の他の例としては、ブロックに形成させるサイプの数があり、このサイプには、図 15 に示すように、サイプの幅 w_a 及び傾き γ_a がある。また、図 16 に示すように、サイプの深さ w_b 及びブロック内の傾き γ_b がある。さらに、サイプはブロックを通過するのみに限定されず、図 17 に示すように、ブロックの中途までに形成するときのサイプの長さ w_c がある。

上記のようにして、2 つのピッチ群の最適化が終了すると、図 3 のステップ 310 において、ピッチ配列 V 内の全てのピッチ群について上記の処理が終了したか否かを判断し、残存するピッチ群があるときはステップ 306 からステップ 310 を繰り返し実行する。

ピッチ配列 V 内の全てのピッチ群について最適化が終了すると、ステップ 312 へ進み、各ピッチ群の各ピッチを構成するブロック形状を決定すると共に、タイヤを構成する全ピッチ群のブロック形状を定めることにより、タイヤの形状を決定する。

このように、各ピッチ群について剛性間差を均一化できるので、タイヤトレッド部に形成されるピッチ配列のピッチの大小に影響されることなく、タイヤのラグ溝形状やリブ溝形状等の適正化、及びタイヤ幅方向位置での適正化を図ることができ、タイヤの耐摩耗性と運動性能を高度に両立することができる。

〔第 2 実施の形態〕

次に、第 2 実施の形態を説明する。上記実施の形態では、2 つのピッチ群の剛性間差を均一化したが、多数のピッチ群では均一化されるブロック剛性の値がばらつくことがある。このため、本実施の形態では、剛性間差を安定的に均一化す

る。なお、本実施の形態は上記実施の形態と略同様の構成のため、同一部分には同一符号を付して詳細な説明を省略する。

図18に示すように、上記実施の形態と同様にして、2つのピッチ群の最適化が終了すると、ステップ320において、ピッチ配列V内の全てのピッチ群について上記の処理が終了したか否かを判断し、残存するピッチ群があるときはステップ322において、最適化した2つのピッチ群のうち何れかのピッチ群を基準ピッチ群として設定する。次のステップ324では、残存するピッチ群のうち、何れか1つのピッチ群を最適化ピッチ群として指定し、この指定した最適化ピッチ群について次のステップ326で最適化する。このステップ326では、設計変数として基準ピッチ群の設計変数を変動させることなく、最適化ピッチ群のみを変化させて最適化する(図4)。

最適化ピッチ群の最適化が終了すると、次のステップ328において、ピッチ配列V内の全てのピッチ群について最適化が終了したか否かを判断し、残存するピッチ群があるときはステップ324からステップ328を繰り返し実行する。ピッチ配列V内の全てのピッチ群について最適化が終了すると、ステップ330へ進み、各ピッチ群の各ピッチを構成するブロック形状を決定すると共に、タイヤを構成する全ピッチ群のブロック形状を定めることにより、タイヤの形状を決定する。

このように、全てのピッチ群について剛性間差を均一化できるので、タイヤトレッド部に形成されるピッチ配列のピッチの大小に影響されることなく、またブロック剛性の値がばらつくことなく、タイヤのラグ溝形状やリブ溝形状等の適正化、及びタイヤ幅方向位置での適正化を図ることができ、タイヤの耐磨耗性と運動性能を高度に両立することができる。

なお、上記各実施の形態では、2つのピッチ群を指定して剛性間差を均一化したが、均一化されるブロック剛性の値がばらつくことがある。このため、剛性間差を安定的に均一化してもよい。例えば、任意のピッチ群をタイヤ20の基準ピッチ群として定め、基準ピッチ群に対して剛性間差を均一にするように他のピッチ群を最適化してもよい。この場合、任意のピッチ群は、予め実験的に求めた既知のデータによるピッチ群を用いることができる。また、予めブロック剛性を定

めておき、そのブロック剛性において、2つのピッチ群の剛性間差を均一化してもよい。

〔第3実施の形態〕

次に、第3実施の形態を説明する。本実施の形態は遺伝的アルゴリズムによってタイヤのブロック形状を設計するものである。上記実施の形態と異なる設計変数を用いたものである。なお、本実施の形態は上記実施の形態と略同様の構成のため、同一部分には同一符号を付して詳細な説明を省略する。

図19は、本実施の形態のプログラムの処理ルーチンを示すものである。ステップ200では、ピッチ配列Vに含まれる複数ピッチ群の各ブロック形状を、有限要素法等のようにタイヤのブロック剛性を数值的・解析的に求めることができる手法によりN個にモデル化し、内部構造を含むタイヤ形状基本モデルを求める。なお、Nは予め使用者がインプットする。本実施の形態で用いるタイヤ形状基本モデルの1ブロック形状モデルは、第1実施の形態の図6に示したものと同一である。

次のステップ202では、タイヤ性能評価用物理量を表す目的関数、タイヤ形状を制約する制約条件及びN個のタイヤ形状モデルの各ブロック形状を決定する設計変数を決定する。本実施の形態では、操縦安定性や耐偏磨耗性を向上させるために、目的関数OBJ及び制約条件Gを次のように定めている。

目的関数OBJ：ブロック剛性間差を均一にする

制約条件G：タイヤ形状を制約するトレッド厚を均一にする

また、設計変数である壁面角度は、第1実施の形態で述べた、図5の角度演算ルーチンによって、N個のタイヤ形状モデル各々について決定される。この処理は、第1実施の形態と同一のため、説明を省略する。

角度演算ルーチンをN回繰り返すことにより、目的関数OBJ、制約条件G及びN個のタイヤ形状モデルの各々の設計変数 r_{ij} ($j=1, 2, \dots, N$)を決定した後、図19のステップ204において、N個のタイヤ形状モデルの各々の設計変数 r_{ij} の各々の目的関数OBJ_j及び制約条件G_jを演算する。

次のステップ206では、ステップ204で求めたN個のタイヤ形状モデルの

各々の目的関数OBJ_J及び制約条件G_Jを用いて、N個の形状モデルの各々の適応関数F_Jを以下の式(4)に従って演算する。本実施の形態では、例えばブロック剛性間を均一にするため、適応関数による値(適応度)は、ブロック剛性の差、またはブロック剛性の標準偏差の差が小さくなると大きくなる。

$$\Phi_J = -OBJ_J + \gamma \cdot \max(G_J, 0)$$

$$F_J = -\Phi_J \quad \dots (4)$$

または、

$$F_J = 1 / \Phi_J$$

または、

$$F_J = -a \cdot \Phi_J + b$$

$$\text{但し、} a = \frac{\Phi_{avg} (c - 1)}{(\Phi_{avg} - \Phi_{min})}$$

$$b = \frac{\Phi_{avg} (c - \Phi_{min})}{(\Phi_{avg} - \Phi_{min})}$$

$$\Phi_{avg} = \frac{\sum_{J=1}^N \Phi_J}{N}$$

c : 定数

γ : ペナルティ係数

$$\Phi_{min} = \min(\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_N)$$

Φ_J : N個のタイヤ形状モデルのJ番目のタイヤ形状モデルの
ペナルティ関数(J = 1、2、3、...、N)

なお、c及びγは使用者が予め入力する。

次のステップ208では、N個のタイヤ形状モデルの中から交叉させるタイヤ形状モデルを2個選択する。選択方法としては、一般に知られている適応度比例戦略を用い、N個の形状モデルのある個体eが各々選択で選ばれる確率P_eは以下の式で表わされる。

$$P_e = \frac{F_e}{\sum_{J=1}^N F_J}$$

但し、 F_e : N個のタイヤ形状モデルの中のある個体 e の適応関数

F_J : N個のタイヤ形状モデルの J 番目の適応関数

$J = 1, 2, 3, \dots, N$

本実施の形態では、選択方法として適応度比例戦略を用いたが、この他、遺伝的アルゴリズム（北野宏明 編）に示されている様な、期待値戦略、ランク戦略、エリート保存戦略、トーナメント選択戦略、あるいは GENITOR アルゴリズム等を用いてもよい。

次のステップ 210 では、選択された 2 個のタイヤ形状モデルを、使用者が予め入力した確率 T によって交叉させるか否かを決定する。ここでいう、交叉とは、後述するように、2 個のタイヤ形状モデルの要素の一部を交換することをいう。否定判定で交叉させない場合は、そのままステップ 216 へ進む。一方、肯定判定で交叉させる場合には、ステップ 214 において後述するように 2 個のタイヤ形状モデルを交叉させる。

2 個のタイヤ形状モデルの交叉は、図 20 に示す交叉ルーチンによって行われる。先ず、ステップ 208 において選択された 2 個のタイヤ形状モデルを形状モデル a 及びタイヤ形状モデル b とすると共に、各々のタイヤ形状モデル a, b の設計変数について並びを含む設計変数ベクトルで表し、タイヤ形状モデル a の設計変数ベクトルを $Vr^a = (r_1^a, r_2^a, \dots, r_i^a, \dots, r_{n-1}^a)$ 、形状モデル b の設計変数ベクトルを $Vr^b = (r_1^b, r_2^b, \dots, r_i^b, \dots, r_{n-1}^b)$ とする。図 20 のステップ 250 では、予め定めた乱数を生成し、この乱数に応じてタイヤ形状モデル a, b の設計変数ベクトルに関する交叉場所 i を決定する。

次のステップ 252 では、交叉すると決定されたタイヤ形状モデル a, b の設計変数 r_i^a, r_i^b に対して、以下の式に従って距離 d を求める。

$$d = |r_i^a - r_i^b|$$

次のステップ 254 では、 r_i^a, r_i^b の取り得る範囲の最小値 B_i 及び最

大値 B_u を用いて、以下の式に従って正規化距離 d' を求める。

$$d' = \frac{d}{B_u - B_L}$$

ステップ 256 では、正規化距離 d' の値を適度に分散させるために、図 22 A、図 22 B に示すような山型の写像関数 $Z(x)$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq Z(x) \leq 0.5$) を用いて、以下の式に従って関数値 Z_{ab} を求める。

$$Z_{ab} = Z(d')$$

このようにして、関数値 Z_{ab} を求めた後、ステップ 258 において新しい設計変数 $r_i'^a$ 、 $r_i'^b$ を次の式に従って求める。

$$r_i'^a = r_i^a - \frac{\min(|r_i^a - B_L|, |r_i^a - B_u|)}{0.5} \cdot Z_{ab}$$

$$r_i'^b = r_i^b + \frac{\min(|r_i^b - B_L|, |r_i^b - B_u|)}{0.5} \cdot Z_{ab}$$

または、

$$r_i'^a = r_i^a + \frac{\min(|r_i^a - B_L|, |r_i^a - B_u|)}{0.5} \cdot Z_{ab}$$

$$r_i'^b = r_i^b - \frac{\min(|r_i^b - B_L|, |r_i^b - B_u|)}{0.5} \cdot Z_{ab}$$

このようにして、 $r_i'^a$ 、 $r_i'^b$ を求めた後、ステップ 260 で新しい設計変数の並びである設計変数ベクトル Vr'^a 、 Vr'^b は以下のように求められる。

$$Vr'^a = (r_1^a, r_2^a, \dots, r_i'^a, r_{i+1}^b, \dots, r_{n-1}^b)$$

$$Vr'^b = (r_1^b, r_2^b, \dots, r_i'^b, r_{i+1}^a, \dots, r_{n-1}^a)$$

なお、 r_i の取り得る範囲の最小値 B_L 及び最大値 B_u は、使用者が予め入力しておく。また、写像関数 $Z(x)$ は図 23 A、図 23 B に示すような、谷型の関数でもよい。また、上記の例では交叉場所 i は 1 ヶ所であるが、この他に遺伝的アルゴリズム（北野 宏明 編）に示されているような、複数点交叉または一

様交叉等を用いてもよい。

このような交叉によって新規な２個のタイヤ形状モデルを生成した後、図１９のステップ２１６では、使用者が予め入力した確率Ｓで、突然変異させるか否かを決定する。この突然変異は、後述するように、設計変数の一部を微小に変更することをいい、最適な設計変数となりうる母集団を含む確度を高くするためである。ステップ２１６で、否定判定で突然変異させない場合には、ステップ２２６では現在の２個のタイヤ形状モデルのまま、次のステップ２２２へ進む。肯定判定で突然変異させる場合には、次のステップ２２０で以下のようにして突然変異させる。

この突然変異は、図２１に示す突然変異ルーチンによって行われる。先ず、ステップ２６２では乱数を生成し、乱数によって突然変異の場所ｉを決定する。次のステップ２６４では、距離 d' を

$$0 \leq d' \leq 1$$

の範囲で乱数により決定する。

次のステップ２６６では、図２２Ａ、図２２Ｂに示すような山型の写像関数 $Z(x)$ ($0 \leq x \leq 1$ で、 $0 \leq Z(x) \leq 0.5$)あるいは図２３Ａ、図２３Ｂに示すような谷型の写像関数 $Z(x)$ を用いて、以下の式に従って、関数値 Z_d を求める。

$$Z_d = Z(d')$$

このようにして、関数値 Z_d を求めた後、ステップ２６８において新しい設計変数 r_i' を以下の式に従って求める。

$$r_i' = r_i - \frac{\min(|r_i - B_L|, |r_i - B_U|)}{0.5} \cdot Z_d$$

または、

$$r_i' = r_i + \frac{\min(|r_i - B_L|, |r_i - B_U|)}{0.5} \cdot Z_d$$

このようにして、設計変数 r_i' を求めた後、ステップ２７０で求められる、新しい設計変数の並びである設計変数ベクトル $V_{r'}$ は以下ようになる。

$$V_{r'} = (r_1, r_2, \dots, r_i', r_{i+1}, \dots, r_{n-1})$$

このようにして、新たに生成された２個のタイヤ形状モデルについて、目的関数の値と制約条件の値を第２９図のステップ２２２で演算する。次のステップ２２４では、得られた目的関数の値と制約条件の値から前記実施の形態と同様に式（４）を用いて適応関数を演算する。

次のステップ２２６では、上記２個のタイヤ形状モデルを保存する。次のステップ２２８では、ステップ２２６で保存したタイヤ形状モデルの数が、 N 個に達したか否かを判断し、 N 個に達していない場合は、 N 個になるまでステップ２０８からステップ２２８を繰り返し実行する。一方、タイヤ形状モデルの数が N 個に達した場合には、ステップ２３０で収束判定をし、収束していない場合には、 N 個のタイヤ形状モデルをステップ２２６で保存された形状モデルに更新し、ステップ２０８からステップ２３０を繰り返し実行する。一方、ステップ２３０で収束したと判断された場合には、 N 個のタイヤ形状モデルの中で制約条件を略満たしながら目的関数の値が最大となるタイヤ形状モデルの設計変数の値をもって制約条件を略満たしながら目的関数を最大にする設計変数の値とし、ステップ２３２においてこの設計変数の値を用いてタイヤの形状を決定する。

なお、ステップ２３０の収束判定は以下の条件のいずれかを満足したら収束とみなす。

- １）世代数が M 個に達した
- ２）一番目的関数の値が大きい線列の数が全体の $q\%$ 以上になった
- ３）最大の目的関数の値が、続く p 回の世代で更新されない。

なお、 M 、 q 、 p は使用者が予め入力しておく。

このように、本実施の形態では、ピッチ群の間において剛性間差を均一化できるので、コーナリング性能や直進性能等の要求性能に応じて、タイヤのラグ溝形状やリブ溝形状やサイブ形状等の適正化、及びタイヤ幅方向位置での適正化を図り、タイヤの耐磨耗性と運動性能を高度に両立することができる。

〔第４実施の形態〕

次に、第４実施の形態を説明する。上記実施の形態では、ピッチまたはピッチ群の剛性間差を均一化した但、本実施の形態では、溝壁角度を最適化してトレッ

ド厚を均一化するものである。なお、本実施の形態は上記実施の形態と略同様の構成のため、同一部分には同一符号を付して詳細な説明を省略する。

図24に示すように、ブロックの形状は、タイヤ周方向に長さ L_B の長辺を有すると共に、タイヤ周方向と交差するタイヤ幅方向に長さ L_A の短辺を有しかつ高さ D_P を有している。長さ L_A の短辺に連続する溝壁 HP_1 、 HP_3 は、同一の溝壁角度 ε と設定され、長さ L_B の長辺に連続する溝壁 HP_2 、 HP_4 は、同一の溝壁角度 ϕ と設定される。

このブロックの溝壁角度 ε 、 ϕ を上記実施の形態で説明したように、最適化する。本実施の形態では、タイヤ形状のユニフォミティを均一化させるために、目的関数OBJ及び制約条件Gを次のように定めている。

目的関数OBJ：タイヤ形状を制約するトレッド厚を均一にする

制約条件G：ブロック剛性間差を均一にする

本実施の形態では、各ピッチ間または各ピッチ群間についてトレッド厚を均一化できるので、タイヤトレッド部に形成されるピッチ配列のピッチの大小に影響されることなく、タイヤのトレッド厚さの不均一を解消することができる。

上記の目的関数及び制約条件により、ブロックを最適化した結果、小ピッチについて溝壁角度 $\varepsilon = 10$ 度でかつ溝壁角度 $\phi = 3.5$ 度の各角度が得られ、大ピッチについて溝壁角度 $\varepsilon = 3$ 度でかつ溝壁角度 $\phi = 10$ 度の各角度が得られた。このときのトレッド厚さの差は、従来 0.08 mm であったのに対して 0.01 mm に向上された。図25A、図25Bは、方向に対する単位面積当たりの剛性を示すものであり、図25Aはトレッド厚を均一にする最適化前の従来の剛性、図25Bはトレッド厚を均一にした本実施の形態による最適化後の剛性を示した。本実施の形態では、タイヤ形状のユニフォミティは均一化されるが、図25A、図25Bから理解されるように、剛性のピッチ間差は、従来の形状に略一致または僅かに向上している。

〔第5実施の形態〕

次に、第5実施の形態を説明する。上記実施の形態では、ピッチまたはピッチ群の剛性間差を均一化した但剛性のピッチ間差の向上は僅かであった。本実施の

形態では、溝壁角度を最適化してトレッド厚の均一化及びピッチまたはピッチ群の剛性間差の均一化をするものである。なお、本実施の形態は上記実施の形態と略同様の構成のため、同一部分には同一符号を付して詳細な説明を省略する。

溝壁角度を最適化する場合、ピッチ配列により隣り合うブロック間の距離は定まると共に、溝深さも定まっているため、溝壁角度には変更可能な角度範囲を有する。従って、溝壁角度のみによる最適化には限界があることになる。そこで、本実施の形態では、トレッド厚の均一化及びピッチまたはピッチ群の剛性間差を均一化するため、設計変数に底上げ量を導入した。

図26に示すように、底上げ量は、隣り合うブロックの間のトレッドからの高さDSである。また、図27に示すように、本実施の形態におけるピッチ配列Vによって定まるタイヤ20は、3種類のピッチ、すなわち小ピッチ Y_1 、中ピッチ Y_2 、大ピッチ Y_3 を含んで構成されており、小ピッチ Y_1 が8個連続するピッチ群 PT_1 、中ピッチ Y_2 が4個連続するピッチ群 PT_2 、大ピッチ Y_3 が5個連続するピッチ群 PT_3 がタイヤ20上に形成される。図27の例では、タイヤ20の基準20sから時計回りの方向で、ピッチ群 PT_2 、 PT_3 、 PT_2 、 PT_1 、 PT_2 、 PT_3 、 PT_2 、 PT_1 が連続するように、ピッチ配列Vが構成される。

なお、本実施の形態では、ピッチ群 PT_1 、 PT_2 、 PT_3 の各々は、小ピッチ Y_1 、中ピッチ Y_2 、大ピッチ Y_3 の各々が連続する複数個のピッチからなるものとして説明するが、本発明はこれに限定されるものではなく、ピッチ群 PT_1 、 PT_2 、 PT_3 の各々を単一のピッチで構成してもよい。すなわち、ピッチ群 PT_1 、 PT_2 、 PT_3 の少なくとも1つの群が小ピッチ Y_1 、中ピッチ Y_2 、大ピッチ Y_3 の何れかのみからなるものでもよい。

上記所定ピッチが連続するピッチ群が複数あって、異なるピッチ群を複数有するタイヤ20について、溝壁角度及び底上げ量を最適化し、トレッド厚の均一化及びピッチまたはピッチ群の剛性間差を均一にする最適化を行う。本実施の形態では、設計変数として上記実施のものに、底上げ量をさらに加えている。

本実施の形態では、各ピッチ間または各ピッチ群間についてトレッド厚及びピッチまたはピッチ群の剛性間差を均一化できるので、タイヤトレッド部に形成さ

れるピッチ配列のピッチの大小に影響されることなく、タイヤのトレッド厚さの不均一を解消することができると共に、ピッチまたはピッチ群の剛性間差を均一にすることができる。

上記の目的関数、制約条件及び設計変数により、ブロックを最適化した結果、小ピッチについて溝壁角度 $\varepsilon = 10$ 度でかつ溝壁角度 $\phi = 2$ 度の各角度であると共に、1 mmの底上げ量が得られ、大ピッチについて溝壁角度 $\varepsilon = 3$ 度でかつ溝壁角度 $\phi = 10$ 度の各角度が得られた。このときのトレッド厚さの差は、0.01 mmであった。図28は、方向に対する単位面積当たりの剛性を示すものであり、この図から理解されるように、タイヤ形状のユニフォミティは均一化されると共に、剛性のピッチ間差は、略一致している。

ここで、上記ブロック構成によるピッチ配列でタイヤを作成しその効果を検証した結果を以下に示す。195/65R14のタイヤで3ピッチ、3山配列で適用させてタイヤを製作し、室内ユニフォミティの測定を行った。その結果を図29に示した。図29AはRFV（速度10 km/h）による結果を示し、図29Bは高速RFV（速度120 km/h）による結果を示し、図29Cは高速（速度10 km/h）TFVによる結果を示し、図29DはLFV（速度120 km/h）による結果を示している。なお、図中、斜線バーは従来のタイヤの結果を示し、白抜きバーは本実施形態が適用されたタイヤの結果を示した。図から理解されるように、従来のタイヤに比べて本実施の形態にかかるタイヤは11%～50%の向上が見られる。また、タイヤを実車に装填し操縦安定性を測定した結果、従来5.5であったのに対して6.5に向上したという結果を得た。

また、上記パターン付タイヤについての剛性を検証するため、20 mm平押し荷重を比較した。なお、この検証は、FEM解析で行った。ブロック剛性に約2%の違いがあると、接地面に小ピッチのみ配置したモデルで350.5 kgf、接地面に大ピッチのみ配置したモデルで352.1 kgfとなり、1.6 kgfの差が生じる。本実施の形態のように、溝壁角度及び底上げ量を最適化し、トレッド厚の均一化及びピッチまたはピッチ群の剛性間差を均一にする最適化を行った結果、小ピッチで352.0 kgfと向上し、剛性差が0.1 kgfに向上した。

次に、本発明者は、トレッド厚さを均一にした効果を検証した。上記と同様に本実施の形態で設計した構成のタイヤを作成し、トレッド厚さを測定した結果を図30に示した。図から理解されるように、トレッド厚さは従来品の0.12mmのバラツキに対して本発明品は測定誤差約0.02mmも含み0.05mm内のばらつきで作成されている。また、このタイヤについての剛性を検証するため、20mm平押し荷重を比較した。なお、この検証は、FEM解析で行った。トレッド厚さが0.1mm暑くなると、352.1kgfから353.4kgfとなり、1.3kgfの剛性に向上される。

次に、異なるタイヤについて製作実験した結果を示す。ここでは、RE711のタイヤで適用させて製作した結果を示す。図31A、図31Bは、方向に対する単位面積当たりの剛性を示すものであり、図31Aは従来の剛性について示し、図31Bはトレッド厚を均一及び剛性均一にした本実施の形態による最適化後の剛性を示した。図31A、図31Bから理解されるように、剛性のピッチ間差は、従来のものに比べて本実施の形態によったものが略一致している。

〔第6実施の形態〕

次に、第6実施の形態を説明する。上記実施の形態では、形状を最適化した場合を説明したが、本実施の形態では、接地特性の変化を抑制するため、構造を変更するものである。なお、本実施の形態は上記実施の形態と略同様の構成のため、同一部分には同一符号を付して詳細な説明を省略する。

本実施の形態では、図27に示したピッチ配列Vによって定まるタイヤ20を採用している。なお、タイヤとしては、195/65R14で溝深さが7.0のものに適用した場合を一例として説明する。また、本実施の形態では、長方形のブロック形状うち、菱形形状のブロックについて適用する。図32は、小ピッチ Y_1 、中ピッチ Y_2 、大ピッチ Y_3 と連続する部分のトレッドパターンを示したものである。小ピッチ Y_1 のブロック BL_s は、タイヤ幅方向に長さ LX_1 でかつタイヤ周方向に長さ LY_1 である。また、中ピッチ Y_2 のブロック BL_m は、タイヤ幅方向に長さ LX_2 でかつタイヤ周方向に長さ LY_2 である。同様に、大ピッチ Y_3 のブロック BL_l は、タイヤ幅方向に長さ LX_3 でかつタイヤ周方向

に長さ LY_3 である。本実施の形態では、一例として、 $LX_1 = LX_2 = LX_3$ で各ブロック共に同一の長さ ($= 24\text{ mm}$) に設定し、 $LY_1 = 21$ 、 $LY_2 = 27$ 、 $LY_3 = 33$ に設定した場合を説明する。

次に、本実施の形態にかかる面取りの位置及び面取り方法について説明する。図 3 3 A に示すように、例えば、小ピッチ Y_1 のブロック BL_s 、及び大ピッチ Y_3 のブロック BL_L を一例とすると、ブロックは菱形であるので角は 4 つあり、対向する角は略同一形状となる。これらのブロックについて、図 3 3 B に示すように、小ピッチ Y_1 のブロック BL_s はタイヤ幅方向の 2 角を面取りし、大ピッチ Y_3 のブロック BL_L はタイヤ周方向の 2 角を面取りする。この面取りは、図 3 3 C に示すように、面取りする以前の角の頂点 D_1 、 D_{11} のうち、踏面側の点 D_1 から稜線に沿って所定の長さ LZ の位置を面取り開始位置として、トレッド側の点 D_{11} へ向けて切断することにより行う。このように面取りを施すことによって、ブロック剛性間差の均一化を向上できる。

なお、上記ではタイヤ周方向及びタイヤ幅方向の何れかに面取りした場合を例にしたが、これに限定されるものではなく、面取りは、各ブロック毎に、タイヤ周方向及びタイヤ幅方向の少なくとも一方に施すことができる。

また、面取りの方法は、トレッド側の点 D_{11} へ向けて切断することに限定されるものではなく、稜線に沿った所定の長さ LZ と同等の深さで切断したり、予め定めた所定深さまでを切断したりしてもよい。

次に、上記第 6 実施の形態についての実施例を説明する。

〔第 1 実施例〕

本実施例は、ブロックをタイヤ周方向に面取りした場合に適用したものである。図 3 4 に示すように、本実施例では、小ピッチ Y_1 のブロック BL_s には面取りを施さず、中ピッチ Y_2 のブロック BL_M にはタイヤ周方向の角に 2 mm の面取りを施し、大ピッチ Y_3 のブロック BL_L にはタイヤ周方向の角に 5 mm の面取りを施した。

次に、本発明者は、上記面取りを施したブロックについてブロック剛性の FEM 解析実験を行い図 3 5 に示す結果を得た。図 3 5 A は、面取りを施さない通常

の設計による小ピッチと大ピッチとの各々に対する単位面積当たりのブロック剛性を示し、図 3 5 B は、面取りを施した本実施例による小ピッチと大ピッチとの各々に対する単位面積当たりのブロック剛性を示した。図から理解されるように、ブロック剛性は均一化が向上されている。

また、本発明は、上記ブロックを実際にタイヤへ適用させて検証した。室内ユニフォミティの測定では、3 次成分が向上し、R F V については 1 0 % 良化し、T F V については 1 5 % 良化したという結果を得た。また、タイヤを実車に装填し操縦安定性を測定した結果、従来 5 . 0 であったのに対して 5 . 5 に向上したという結果を得た。

〔第 2 実施例〕

本実施例は、ブロックをタイヤ幅方向に面取りした場合に適用したものである。図 3 6 に示すように、本実施例では、大ピッチ Y_3 のブロック $B L_L$ には面取りを施さず、小ピッチ Y_1 のブロック $B L_S$ にはタイヤ幅方向の角に 2 mm の面取りを施し、中ピッチ Y_2 のブロック $B L_M$ にはタイヤ幅方向の角に 0 . 8 mm の面取りを施した。

次に、本発明者は、上記面取りを施したブロックについてブロック剛性の F E M 解析実験を行い図 3 7 A, 図 3 7 B に示す結果を得た。図 3 7 A は、面取りを施さない通常の設計による小ピッチと大ピッチとの各々に対する単位面積当たりのブロック剛性を示し、図 3 7 B は、面取りを施した本実施例による小ピッチと大ピッチとの各々に対する単位面積当たりのブロック剛性を示した。図から理解されるように、ブロック剛性は均一化が向上されている。

また、本発明は、上記ブロックを実際にタイヤへ適用させて検証した。室内ユニフォミティの測定では、3 次成分が向上し、R F V については 1 0 % 良化し、T F V については 1 0 % 良化したという結果を得た。また、タイヤを実車に装填し操縦安定性を測定した結果、従来 5 . 0 であったのに対して 5 . 2 5 に向上したという結果を得た。

〔第 3 実施例〕

本実施例は、実際のタイヤのブロックを面取りした場合に適用したものである。本実施例では、275/40ZR18型で片側トレッド幅140mm、ピッチ長50.91:80.01のタイヤを採用したものである。

図38に示すように、本実施例では、小ピッチ Y_1 のブロック BL_s にはタイヤ幅方向の角に2mmの面取り Ms を施した。すなわち、図33Bの左側に示したように、小ピッチ Y_1 の各ブロックにタイヤ幅方向の2角に面取りを施した。また、図39に示すように、中ピッチ Y_2 のブロック BL_M にはタイヤ幅方向の角に1mmの面取り Mm_2 を施しかつタイヤ周方向に2mmの面取り Mm_1 を施した。すなわち、図40に示すように、中ピッチ Y_2 の各ブロックにタイヤ幅方向の2角と、タイヤ周方向の2角との各々に面取りを施した。さらに、大ピッチ Y_3 のブロック BL_L にはタイヤ周方向の角に4mmの面取りを施した。すなわち、図33Bの右側に示したように、大ピッチ Y_3 の各ブロックにタイヤ周方向の2角に面取り ML を施した。

本発明者は、上記面取りを施した実際のタイヤについて、タイヤを実車に装填し操縦安定性を測定した結果、従来5.5であったのに対して6.5に向上したという結果を得た。

以上、本発明の実施例について説明したが、本発明の実施例には特許請求の範囲に記載した要件以外に、次のような各種の技術事項の実施態様を有するものである。

8. 請求項1乃至請求項7の何れか1項に記載の空気入りタイヤの設計方法で設計された形状の空気入りタイヤ。

9. 内部構造を含むタイヤクラウン部のうちの1部のパターン形状、及び内部構造を含むタイヤ周方向に連続する陸部の形状として小ピッチの形状基本モデルと、大ピッチの形状基本モデルと、からなるタイヤ基本モデルについて設計された形状の空気入りタイヤについて、周方向及び幅方向の少なくとも一方に角を有する場合に、小ピッチのブロックの幅方向の角を面取りすると共に、大ピッチの周方向の角を面取りしたことを特徴とする項7に記載の空気入りタイヤ。

10. 大ピッチの幅方向の角は、小ピッチの幅方向の角より小さいこと、及び小ピッチの周方向の角は、大ピッチの周方向の角より小さいことの少なくとも一方であることを特徴とする項9に記載の空気入りタイヤ。

11. 前記大ピッチと、小ピッチとの間に中ピッチを設けたことを特徴とする項9または10に記載の空気入りタイヤ。

これは、タイヤ1回転中のブロックの大きさが変化することに伴う接地特性の変化を抑制し、操縦安定性とユニフォミティー（所謂均一化）を向上させることを目的とする。

これによって、ブロックの大きさの違いによるタイヤ回転中の接地特性のレベルを略一致させることができる。具体的には、ブロック剛性を同一レベルにし、ブロックの変形、力の発生が各ピッチとも同一になる方向に近づけることができる。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明にかかる空気入りタイヤの設計方法は、例えば複数のピッチからなるピッチ配列のタイヤ設計に用いて好適であり、特に、形状ばらつきが起因すると想定される剛性やユニフォミティを均一化させて設計に用いるのに適している。

請求の範囲

1. 次の各ステップを含む空気入りタイヤの設計方法。

(a) 内部構造を含むブロック単体の形状、内部構造を含むタイヤクラウン部のうちの1部のパターン形状、及び内部構造を含むタイヤ周方向に連続する陸部の形状のうち選択された1つの形状を表す異なる形状基本モデルを複数有するタイヤ基本モデルと、タイヤ性能評価用物理量を表す目的関数と、ブロック単体の形状またはパターン形状もしくは陸部の形状を決定する設計変数と、ブロック単体の形状、パターン形状及び陸部の形状のうち選択された1つの形状、タイヤ断面形状及びタイヤ性能評価用物理量の少なくとも1つを制約する制約条件とを定めるステップ。

(b) 制約条件を考慮しながら、目的関数の最適値が与えられるまで設計変数の値を変化させながら演算することにより設計変数の値を求めるステップ。

(c) 目的関数の最適値を与える設計変数に基づいてタイヤを設計するステップ。

2. 前記設計変数は、前記異なる形状基本モデルの少なくとも1つを基準形状モデルとし、他のブロック単体の形状またはパターン形状もしくは陸部の形状を決定するためのものであることを特徴とする請求項1に記載の空気入りタイヤの設計方法。

3. 前記設計変数は、予め定めた前記形状基本モデルを基準モデルとし、ブロック単体の形状またはパターン形状もしくは陸部の形状を決定するためのものであることを特徴とする。請求項1に記載の空気入りタイヤの設計方法。

4. 前記ステップ(b)では、設計変数の単位変化量に対する目的関数の変化量の割合である目的関数の感度及び設計変数の単位変化量に対する制約条件の変化量の割合である制約条件の感度に基づいて制約条件を考慮しながら目的関数の最適値を与える設計変数の変化量を予測すると共に、設計変数を予測量に相当す

る量変化させたときの目的関数の値及び設計変数を予測値に相当する量変化させたときの制約条件の値を演算し、予測値と演算値とに基づいて、制約条件を考慮しながら目的関数の最適値を与える設計変数の値を求める請求項 1 乃至請求項 3 の何れか 1 項に記載の空気入りタイヤの設計方法。

5. 前記ステップ (a) では、内部構造を含むブロック単体の形状、内部構造を含むタイヤクラウン部のうちの 1 部のパターン形状、及び内部構造を含むタイヤ周方向に連続する陸部の形状のうち選択された 1 つの形状を表す異なる形状基本モデルを複数有するタイヤ基本モデルを複数個含んだ選択対象集団を定め、該選択対象集団の各タイヤ基本モデルについて、前記目的関数、前記設計変数、前記制約条件、及び目的関数と制約条件とから評価できる適応関数を定め、

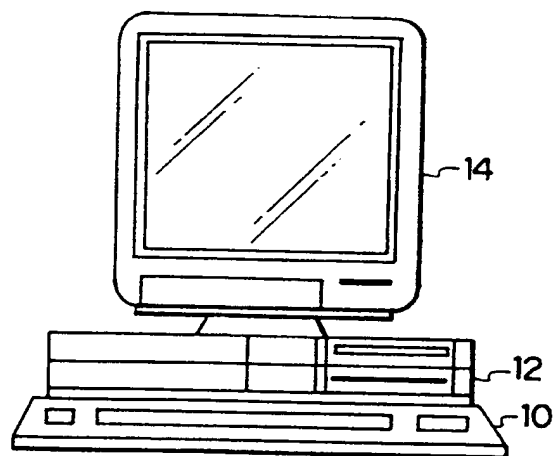
前記ステップ (b) では、適応関数に基づいて前記選択対象集団から 2 つのタイヤ基本モデルを選択し、所定の確率で各タイヤ基本モデルの設計変数を交叉させて新規のタイヤ基本モデルを生成すること及び少なくとも一方のタイヤ基本モデルの設計変数の一部を変更させて新規のタイヤ基本モデルを生成することの少なくとも一方を行い、設計変数を変化させたタイヤ基本モデルの目的関数、制約条件及び適応関数を求めて該タイヤ基本モデル及び設計変数を変化させなかったタイヤ基本モデルを保存しかつ保存したタイヤ基本モデルが所定数になるまで繰り返す、保存した所定数のタイヤ基本モデルからなる新規集団が所定の収束条件を満たすか否かを判断し、収束条件を満たさないときには該新規集団を前記選択対象集団として該選択対象集団が所定の収束条件を満たすまで繰り返すと共に、該所定の収束条件を満たしたときに保存した所定数のタイヤ基本モデルのなかで制約条件を考慮しながら目的関数の最適値を与える設計変数の値を求める請求項 1 乃至請求項 3 の空気入りタイヤの設計方法。

6. 前記設計変数は、ブロック単体の形状、パターン形状及び陸部の形状のうち選択された 1 つの形状によって形成されるべきタイヤ陸部の面に連結された面の角度、前記タイヤ陸部の面までの高さ、前記タイヤ陸部の面の形状、前記タイヤ陸部の面に連結された面の形状、サイプの位置、本数、幅、深さ、傾き、形状

及び長さのサイプ形状、の少なくとも1つを表す変数を含む請求項1乃至請求項5の何れか1項に記載の空気入りタイヤの設計方法。

7. 前記形状基本モデルを複数有するタイヤ基本モデルの各々は、タイヤ周方向の長さが異なることを特徴とする請求項1乃至請求項6の何れか1項に記載の空気入りタイヤの設計方法。

図 1



2

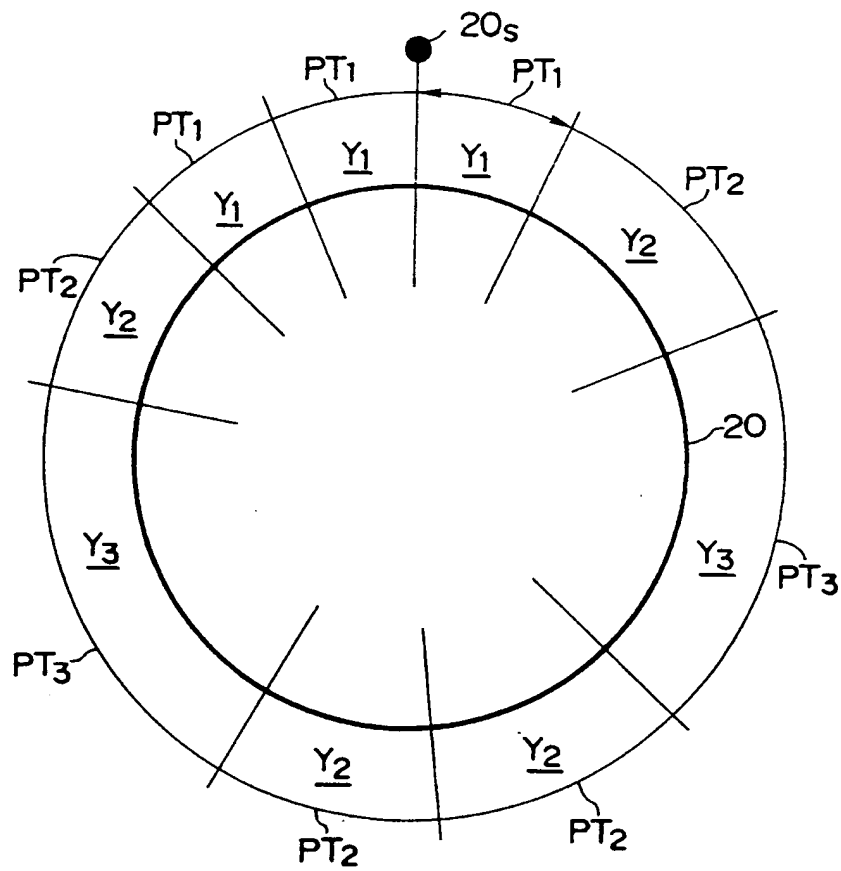


図 3

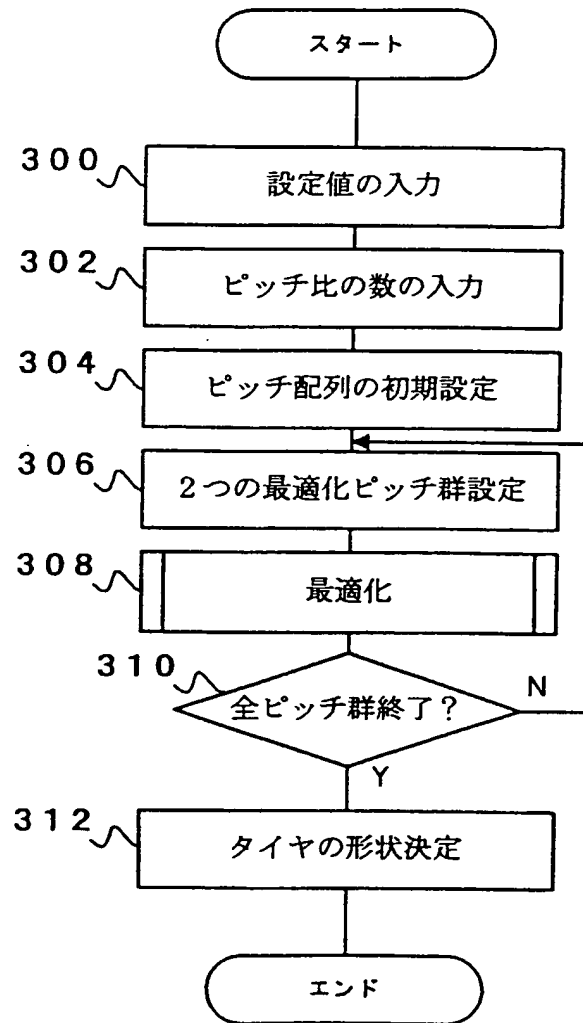


図 4

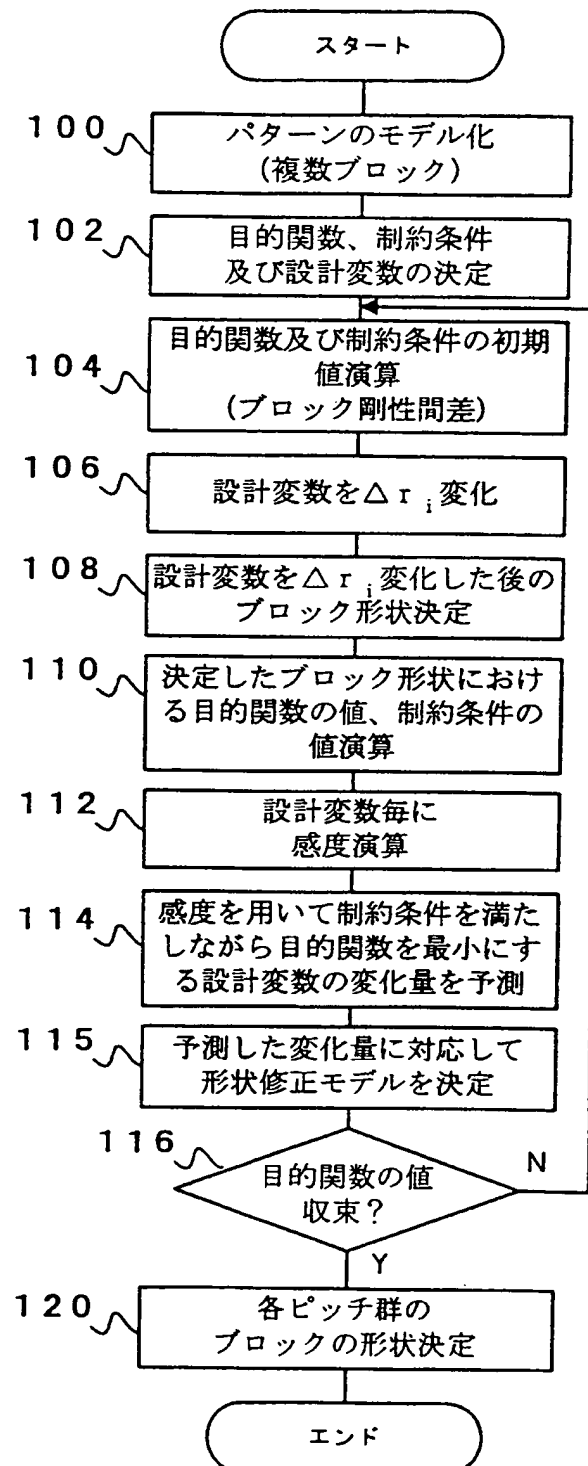


図 5

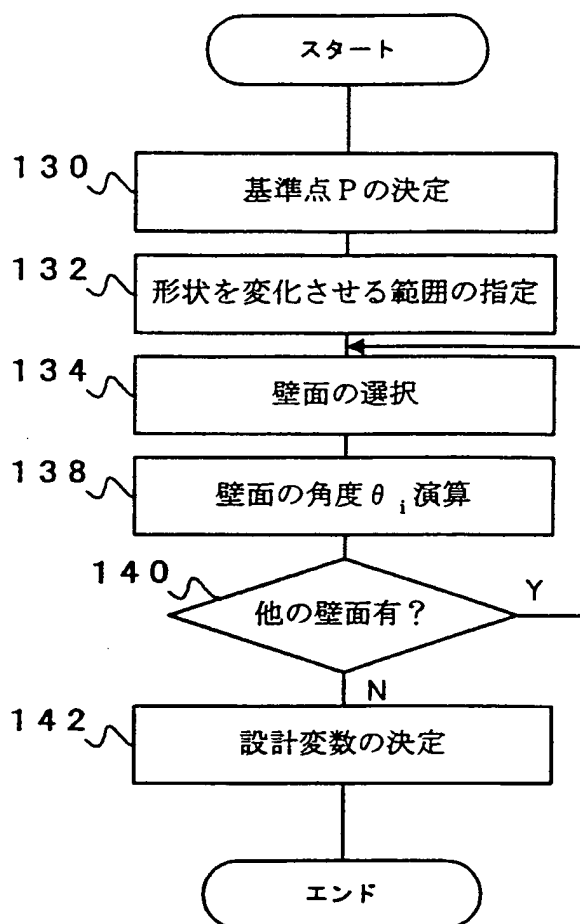


図 6

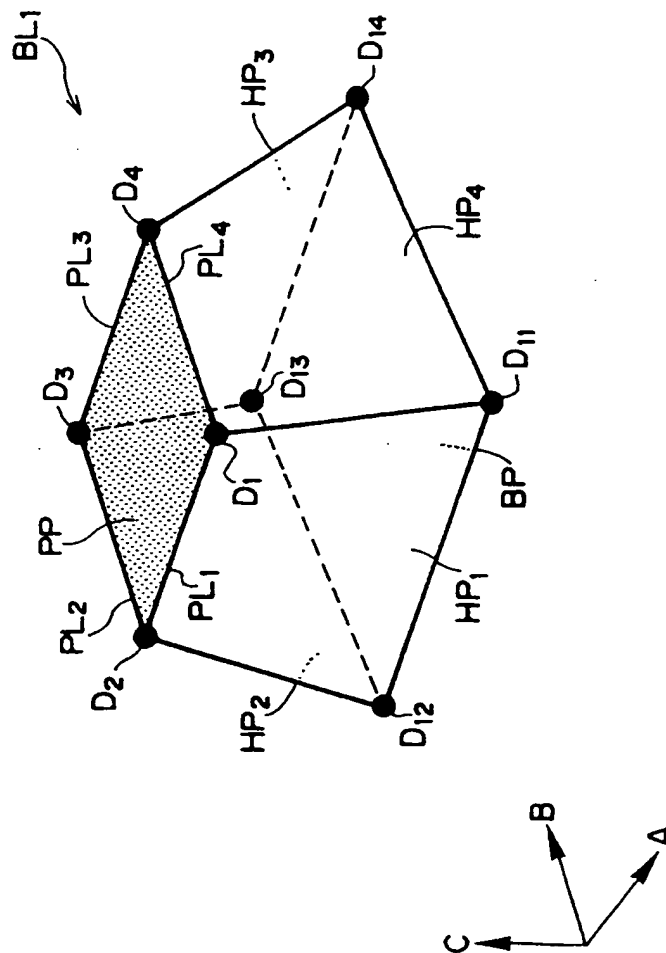


図 7

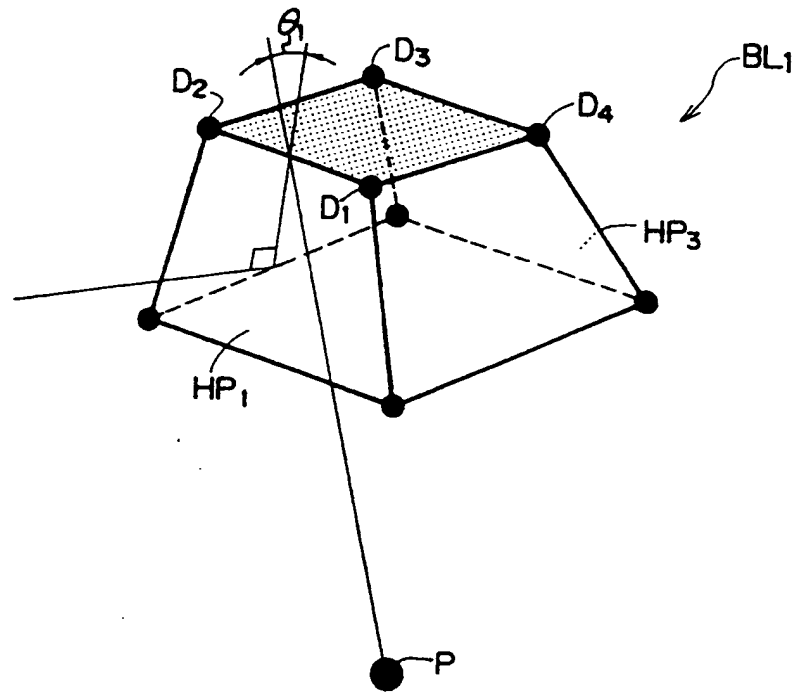


図 8

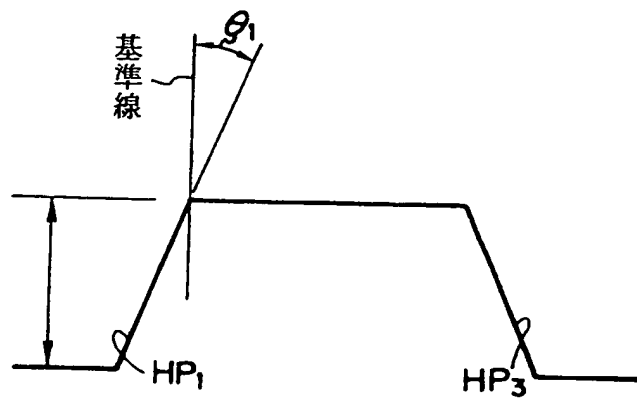


図 9

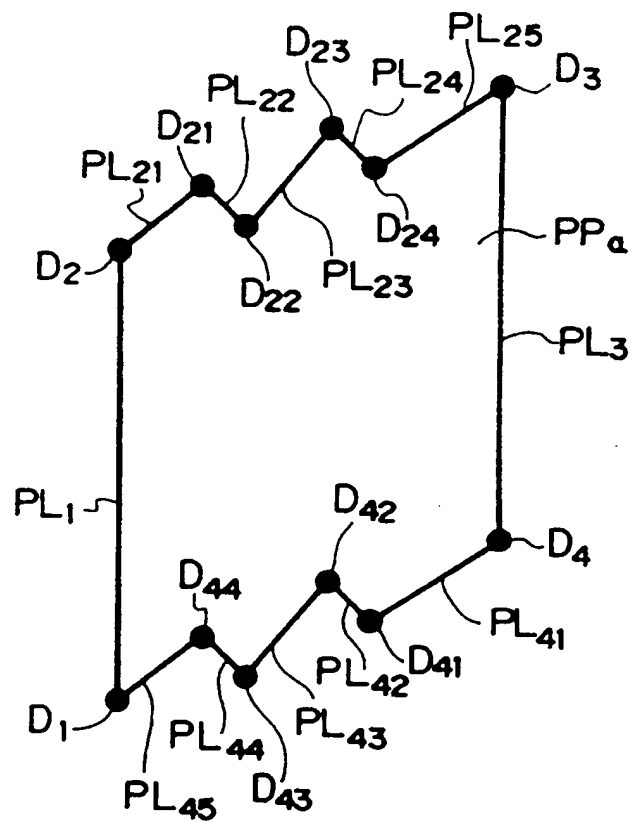


図 10

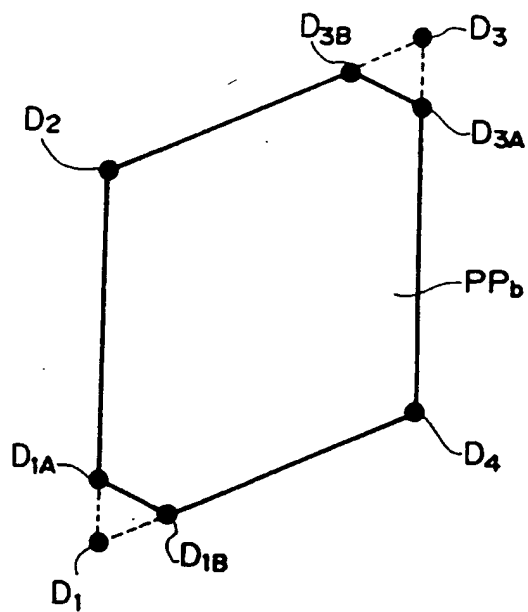


図 1 1

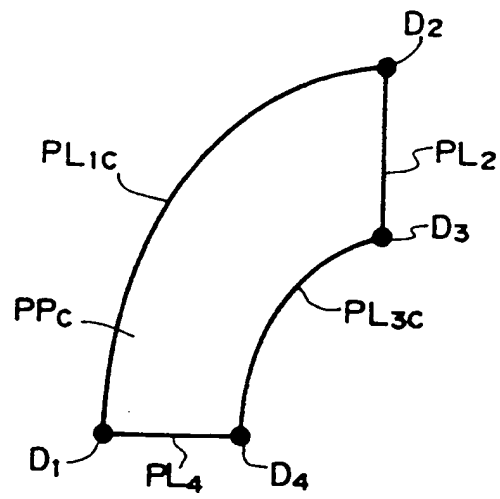


図 12

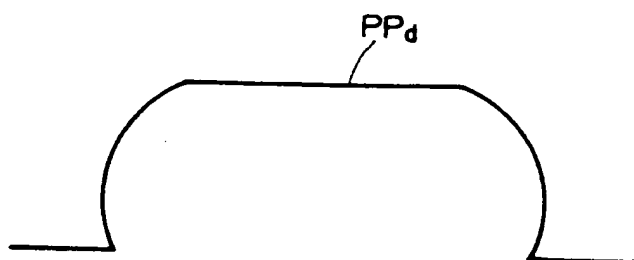


図 13

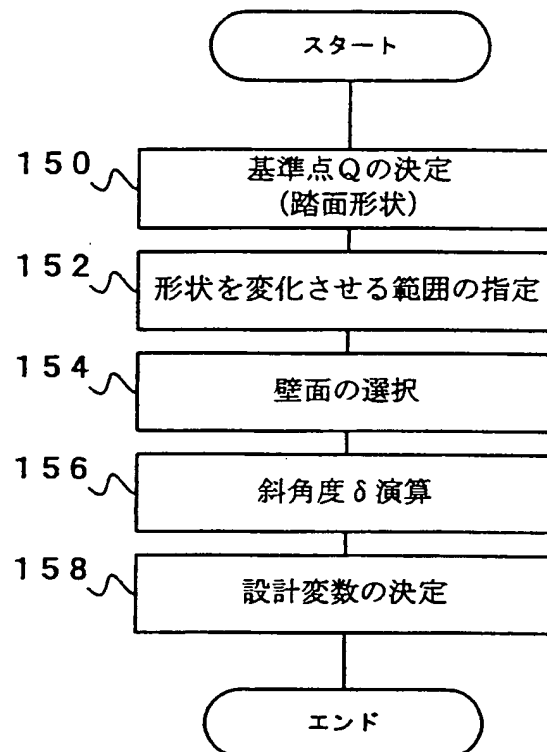


図 1 4

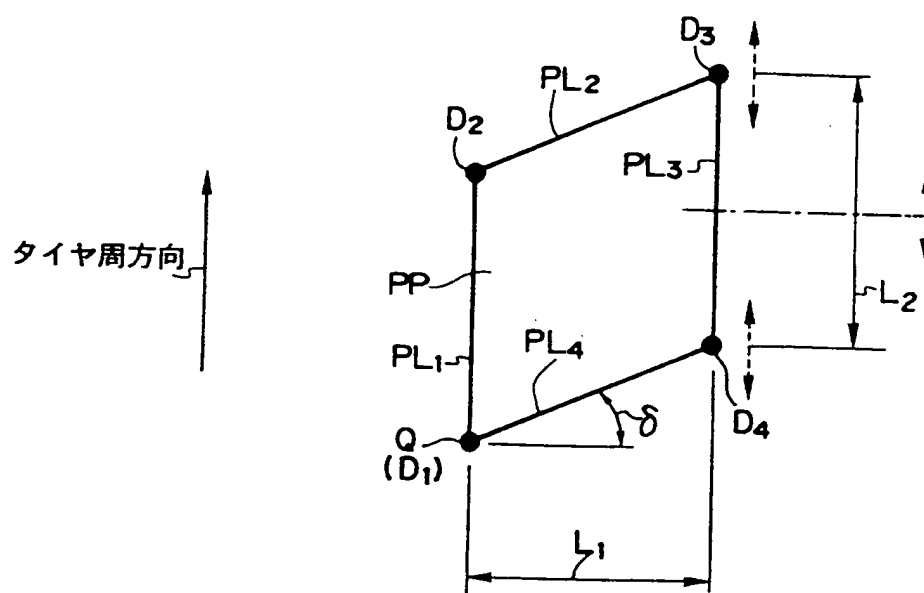


図 1 5

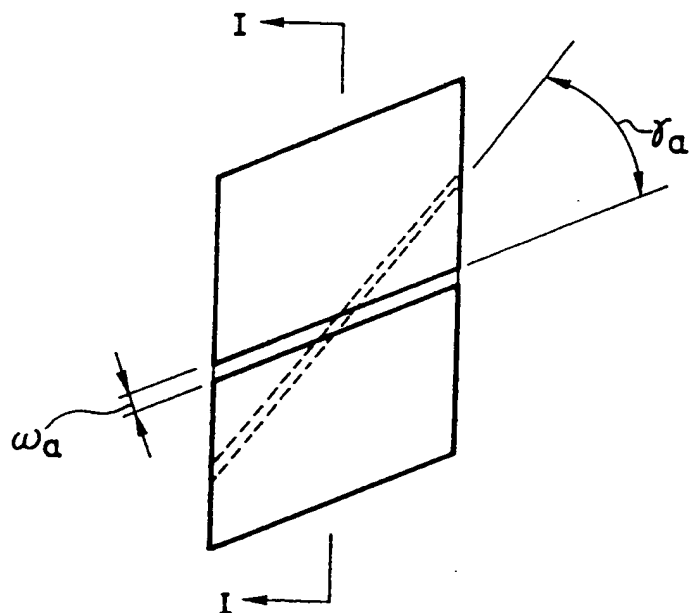


図 1 6

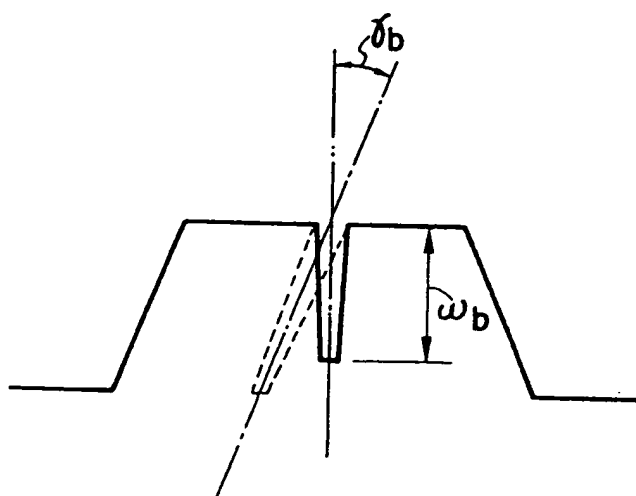


図 17

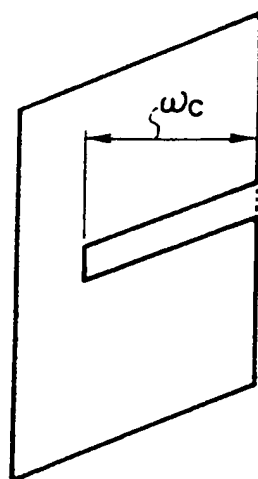


図 18

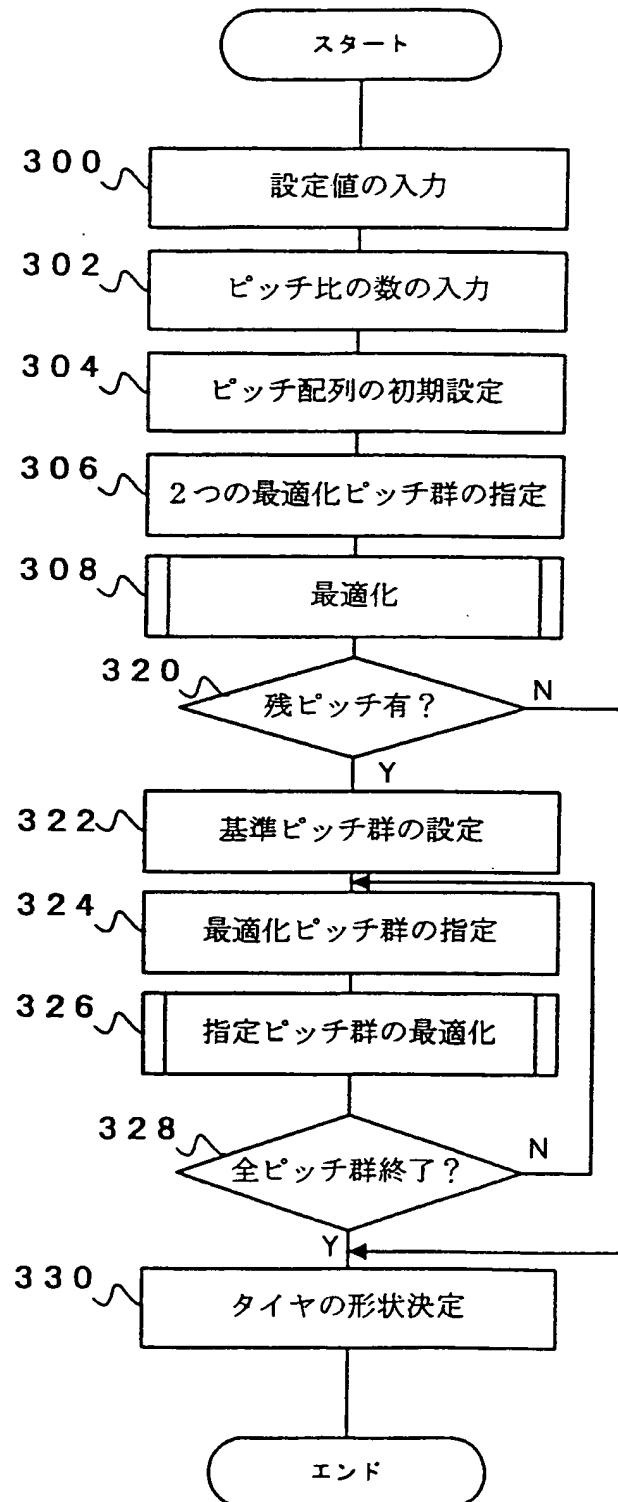


図 1 9

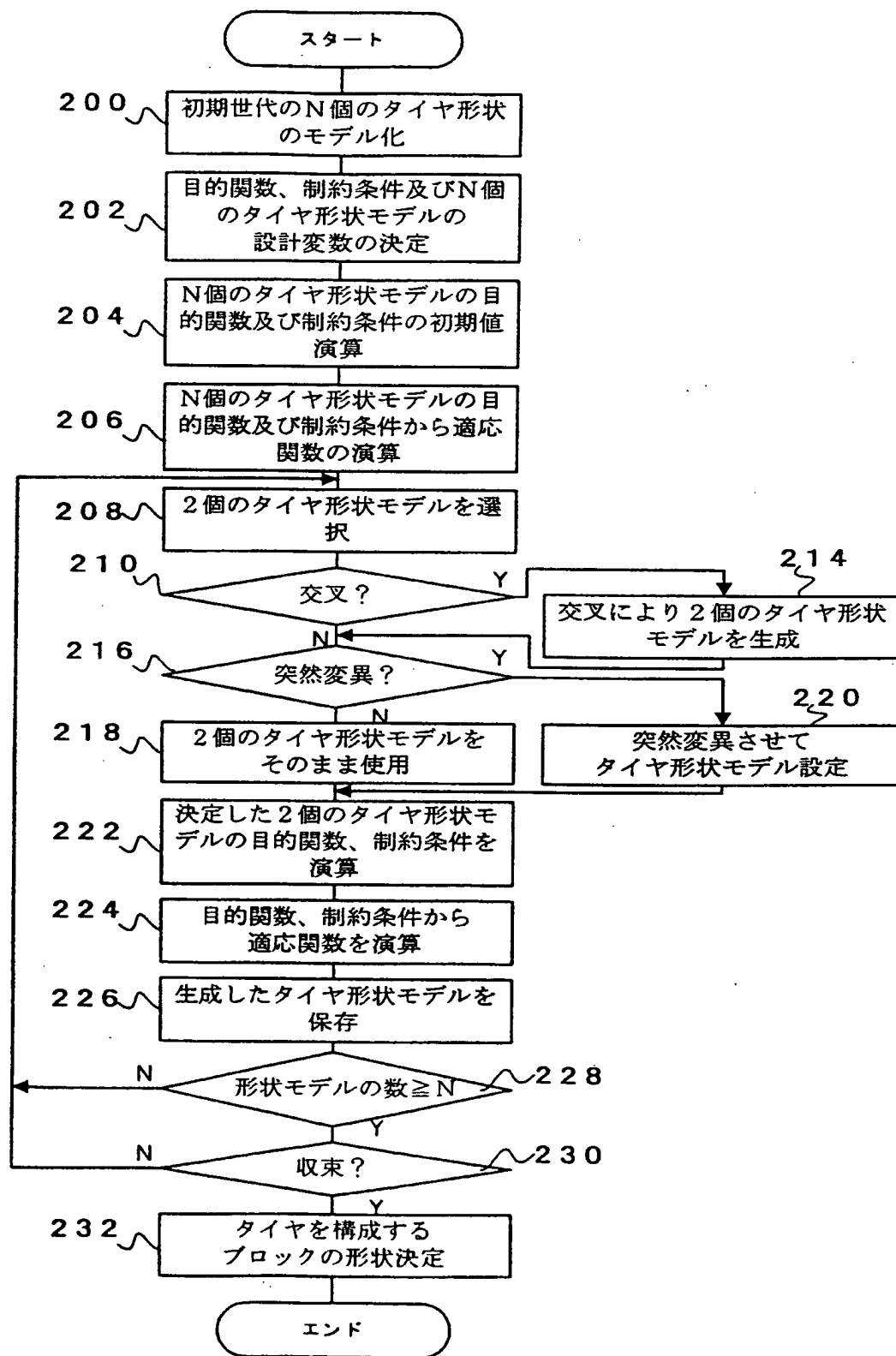


図 20

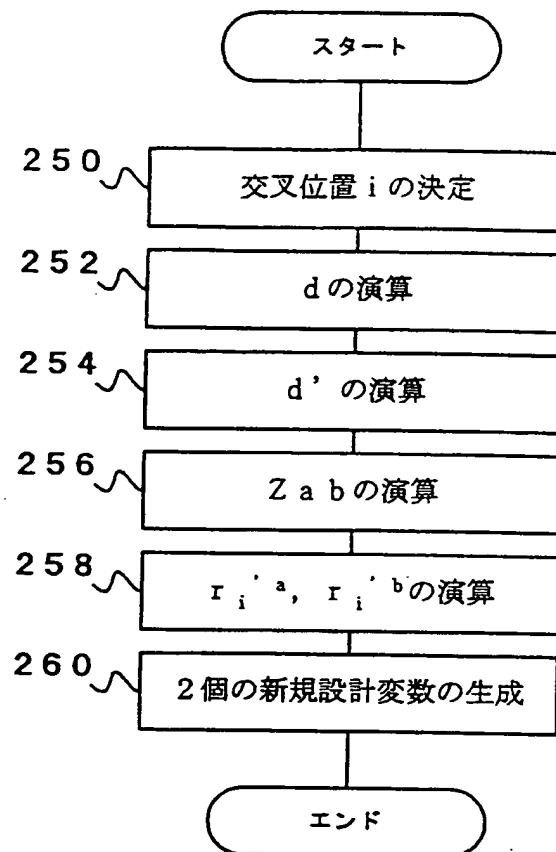


図 2 1

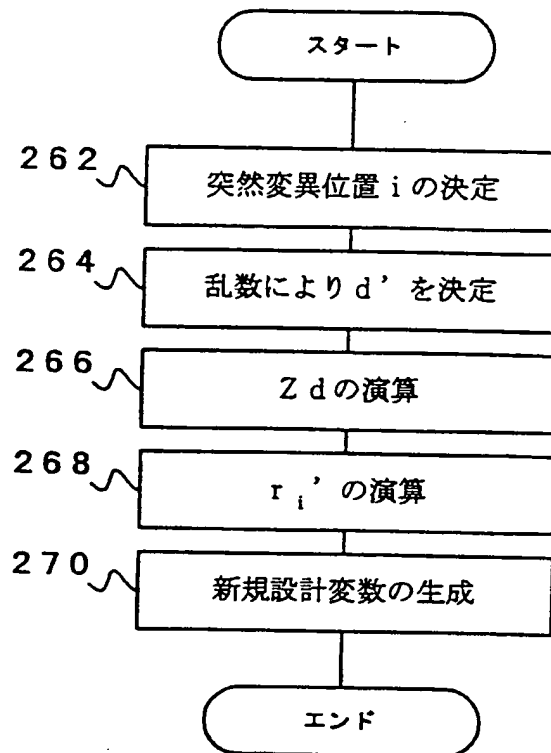


図 2 2 A

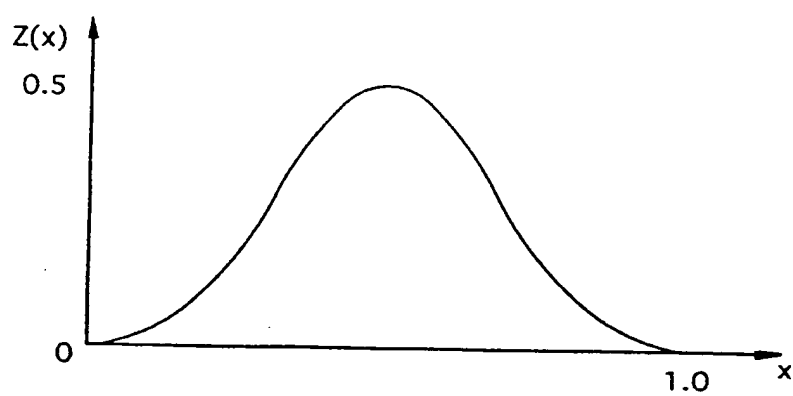


図 2 2 B

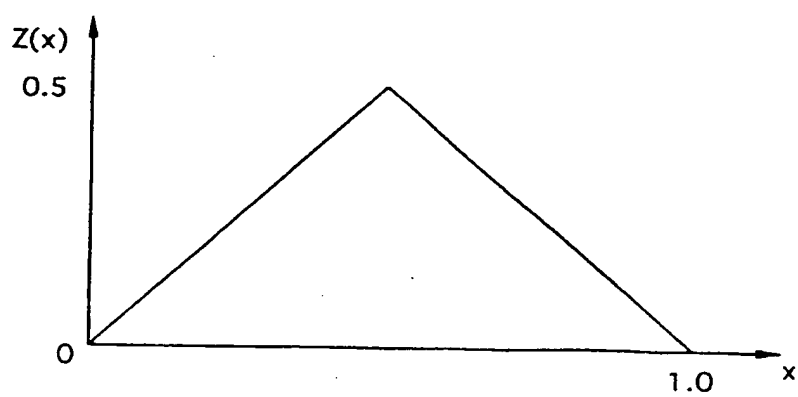


図 2 3 A

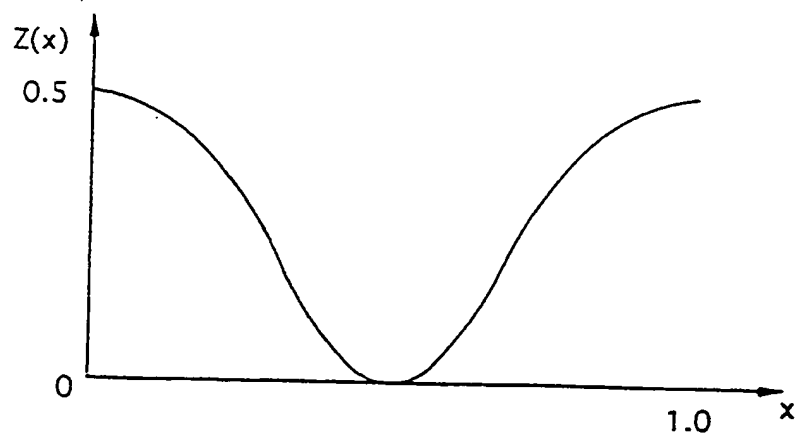


図 2 3 B

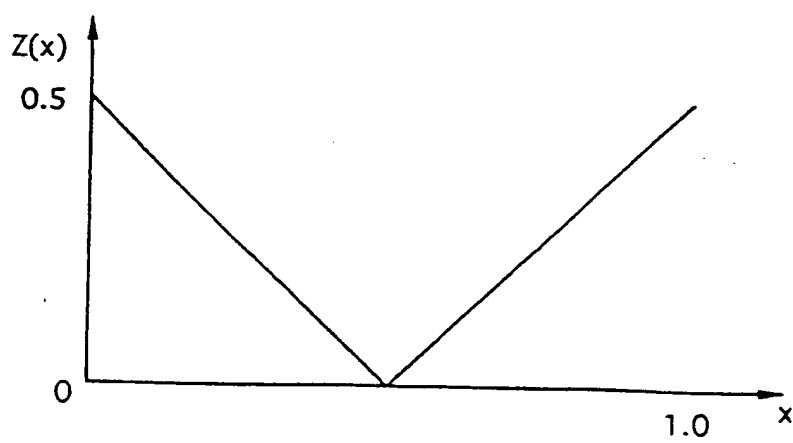


図 2 4

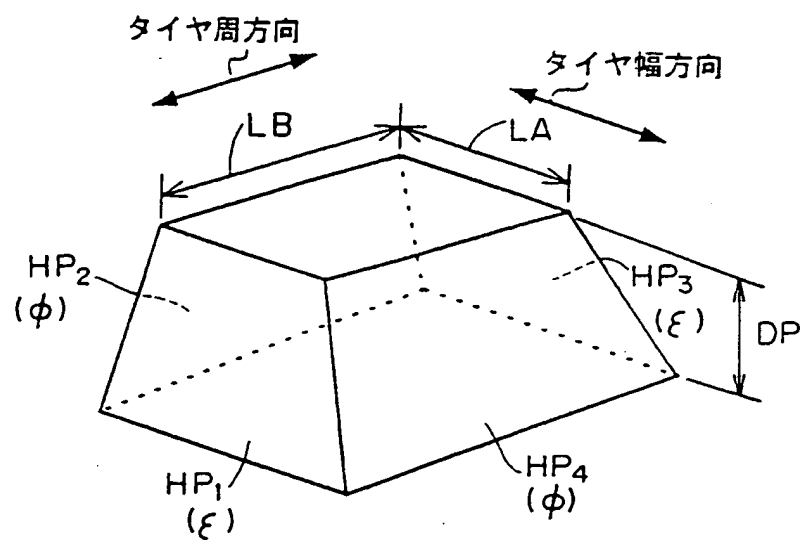


図 2 5 A

図 2 5 B

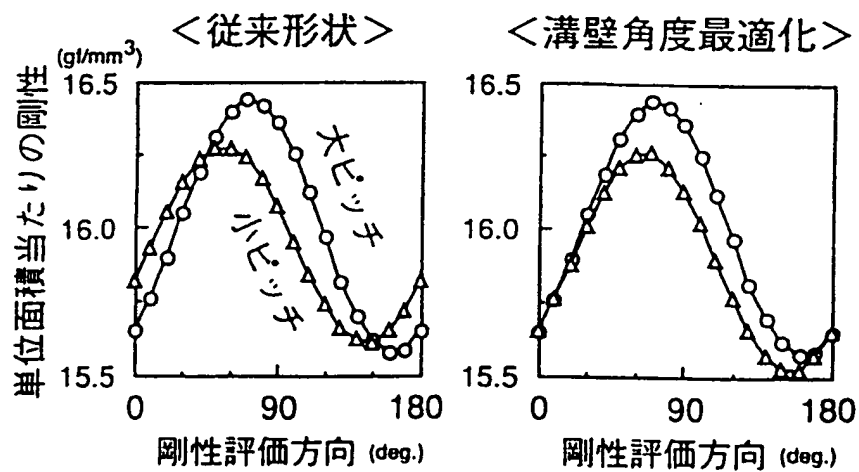
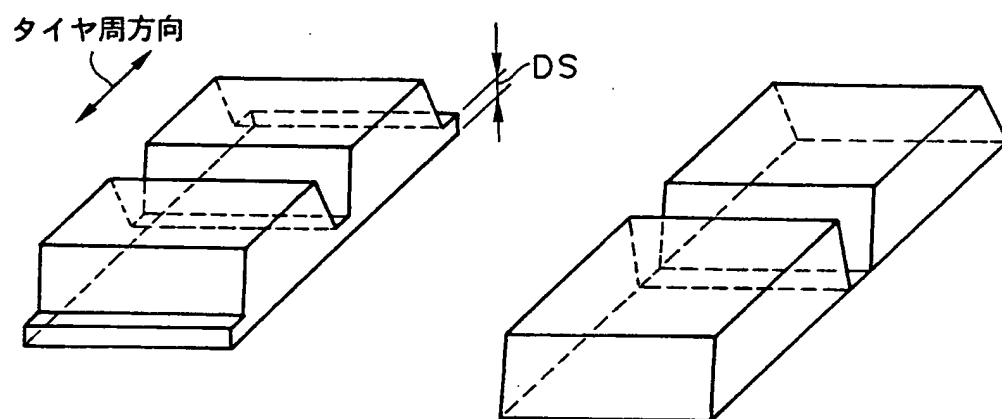


図 26



27

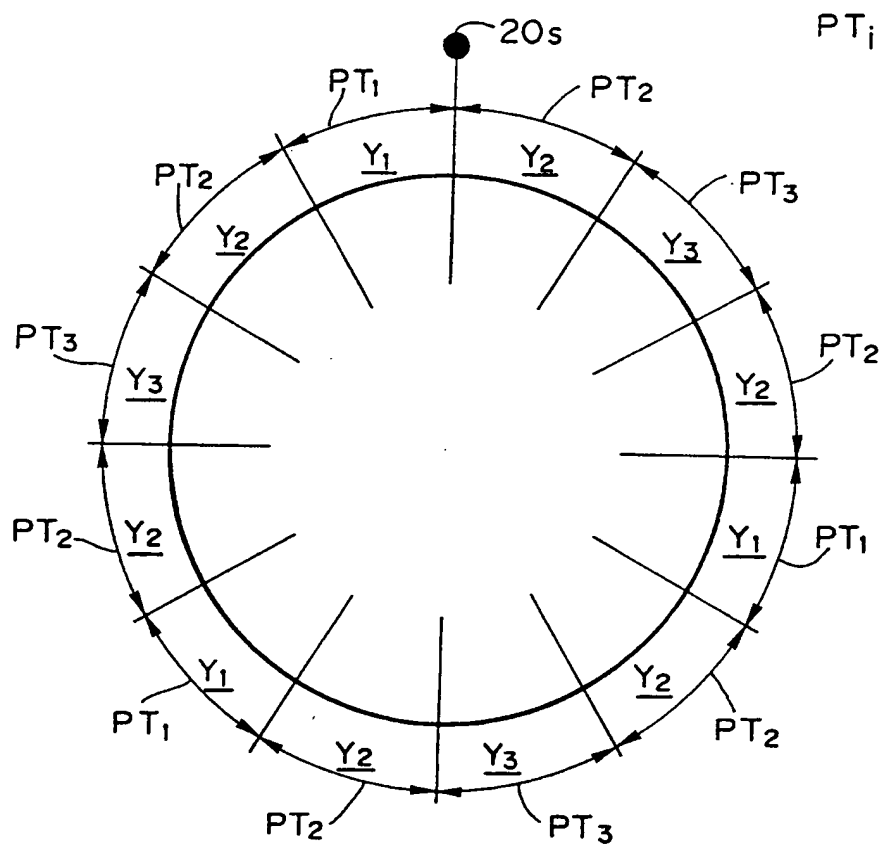
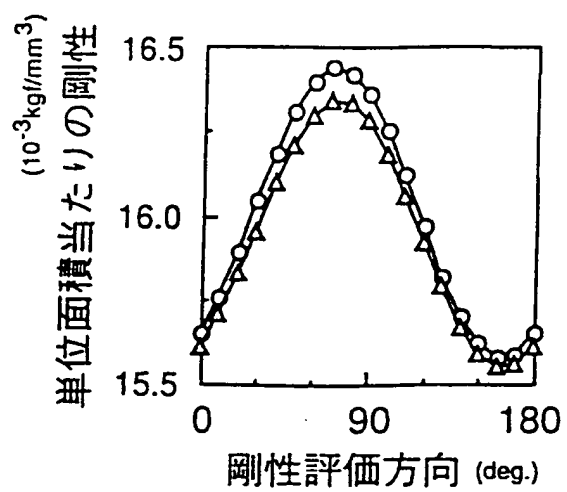


図 28



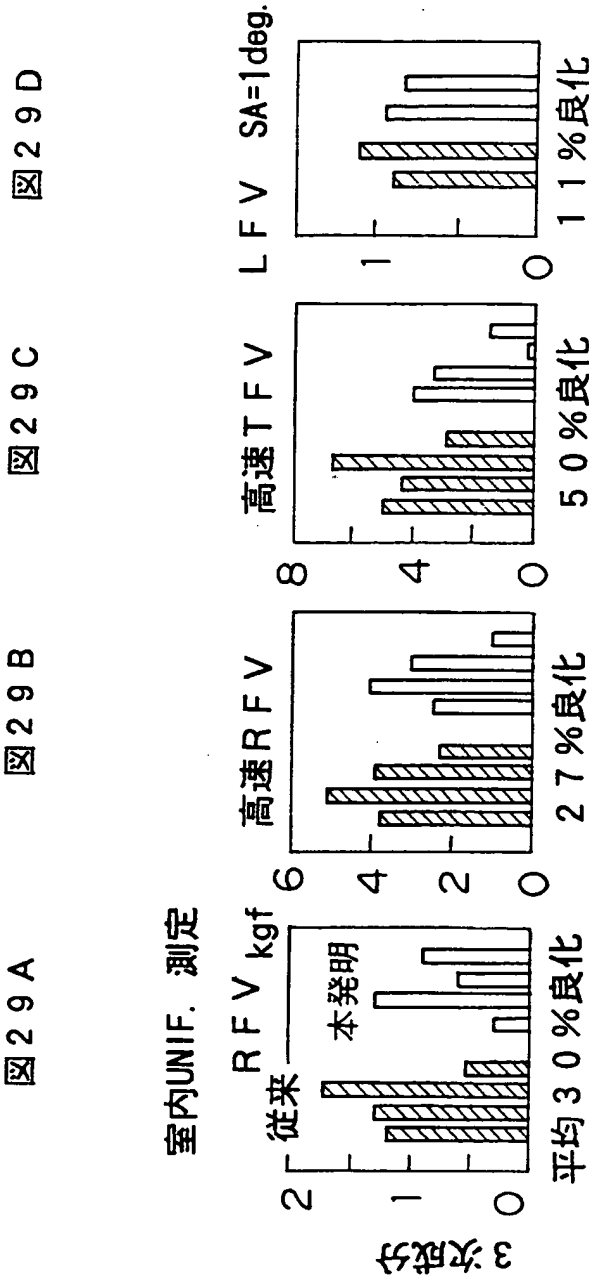


図 3 0

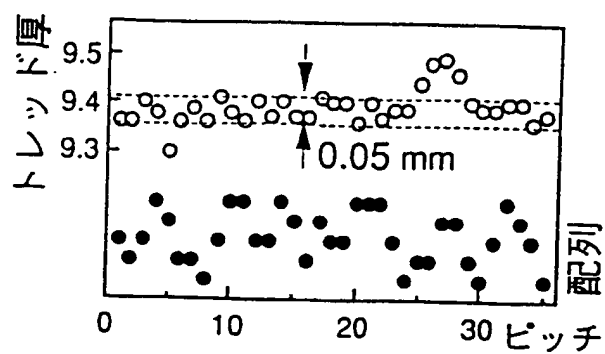


図 3 1 A

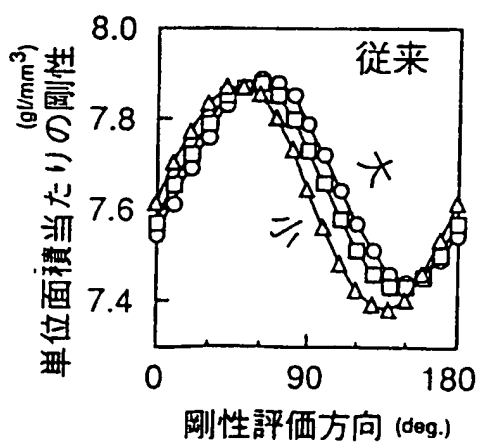


図 3 1 B

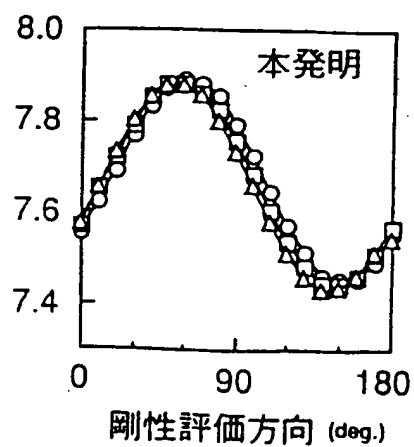


図 3 2

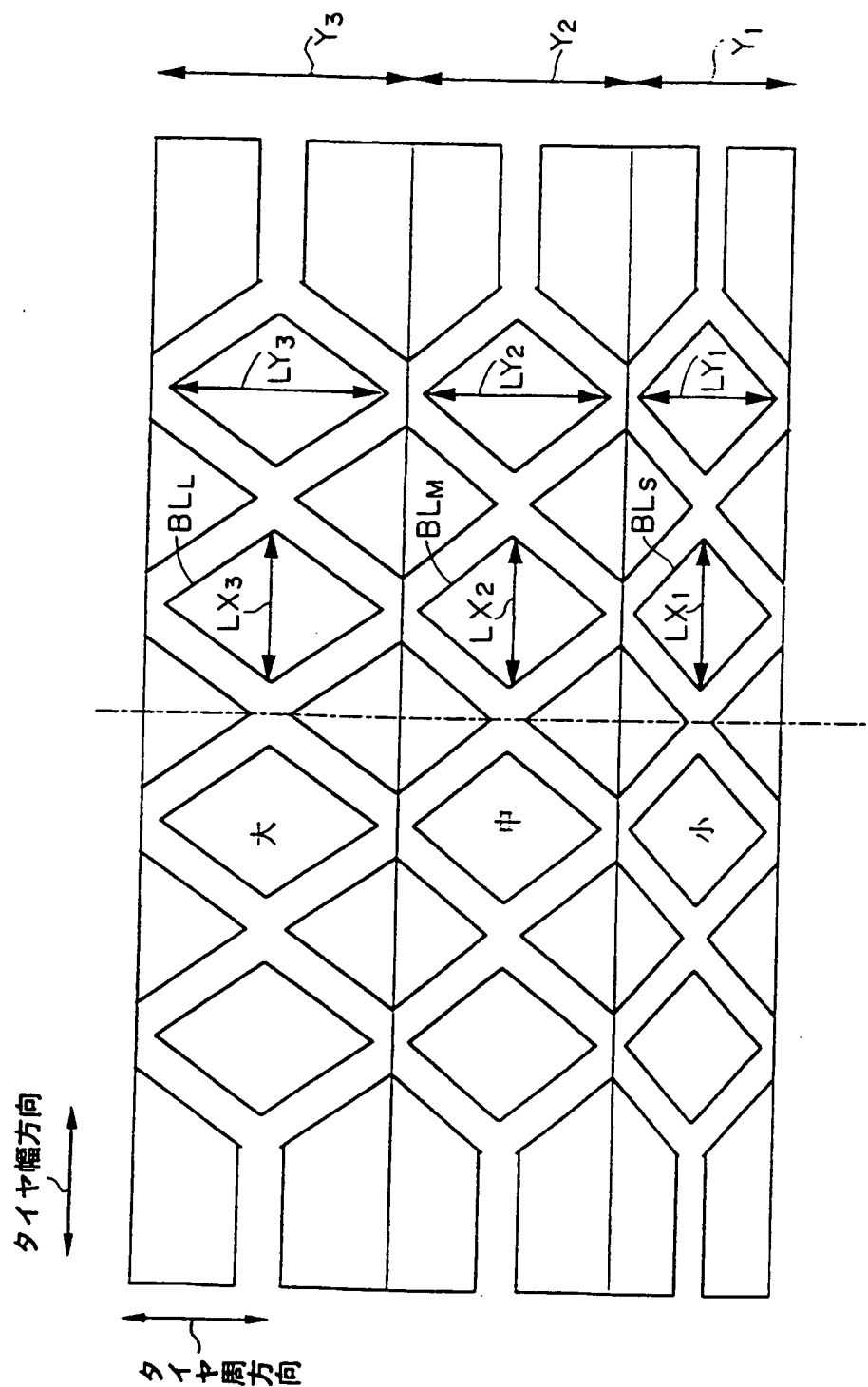


図 3 3 A

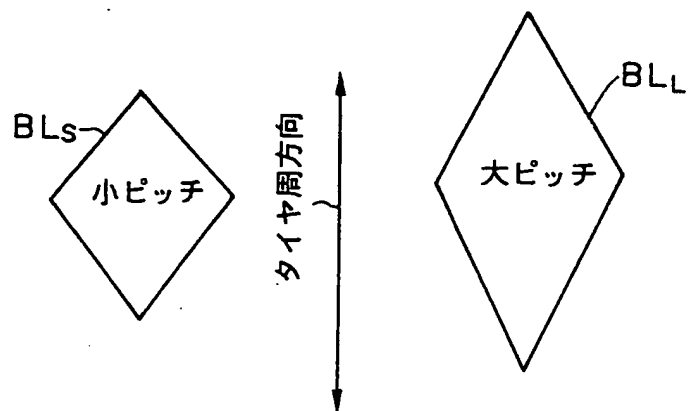


図 3 3 B

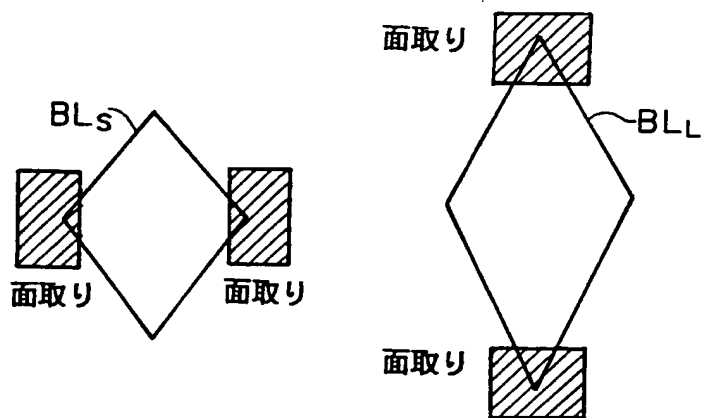


図 3 3 C

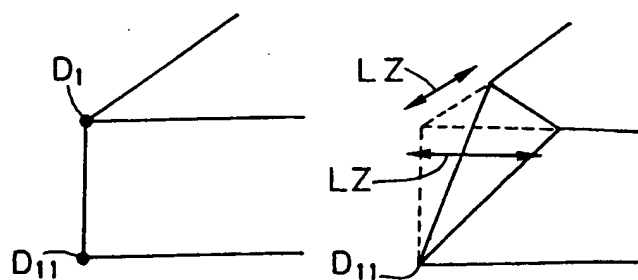


図 3 4

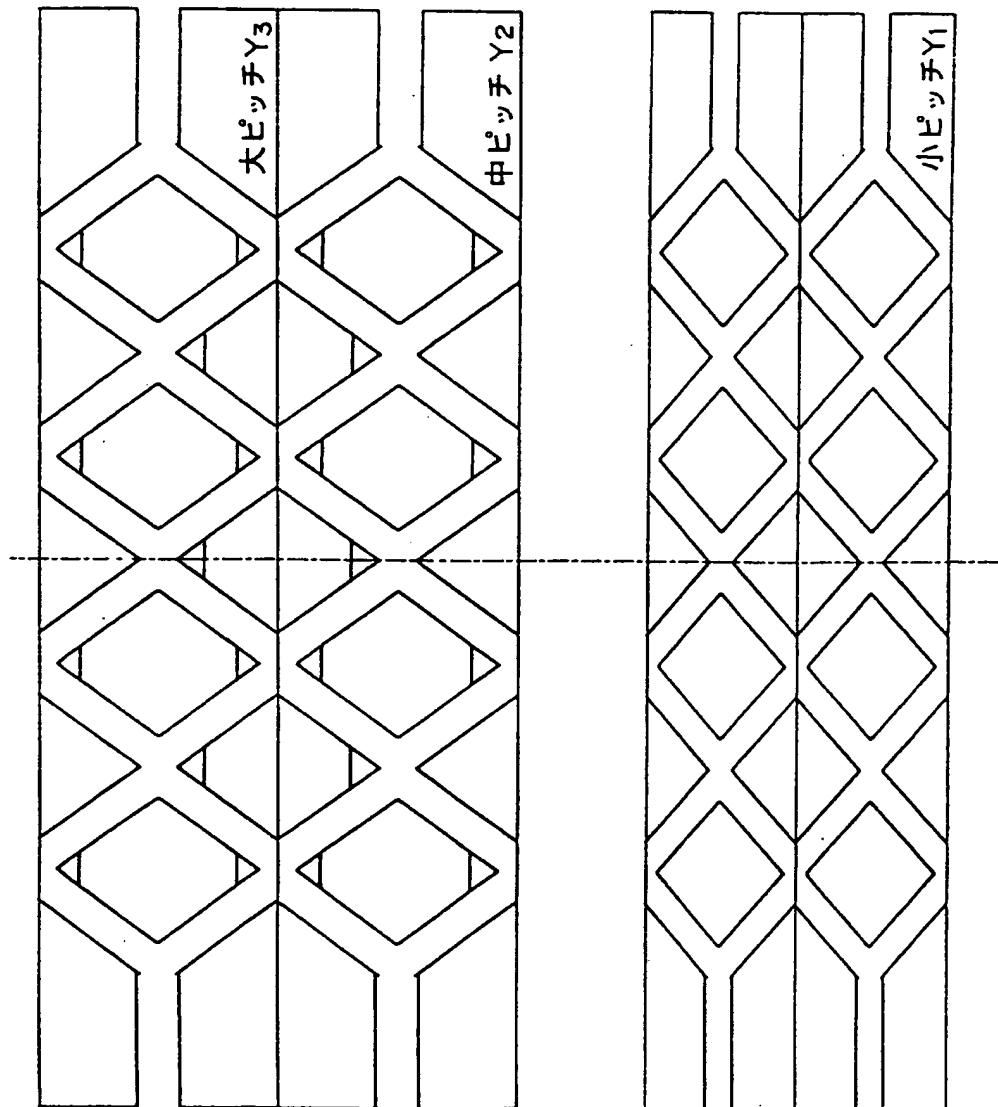


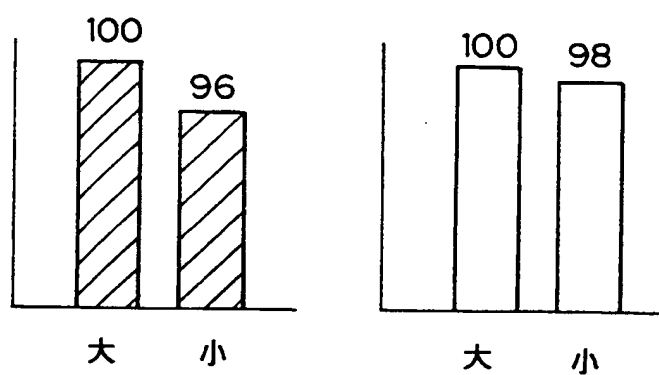
図 3 5 A

図 3 5 B

通常設計

発明の面取ブロック

単位長さ当たりのブロック剛性



周方向について (0°)

図 3 6

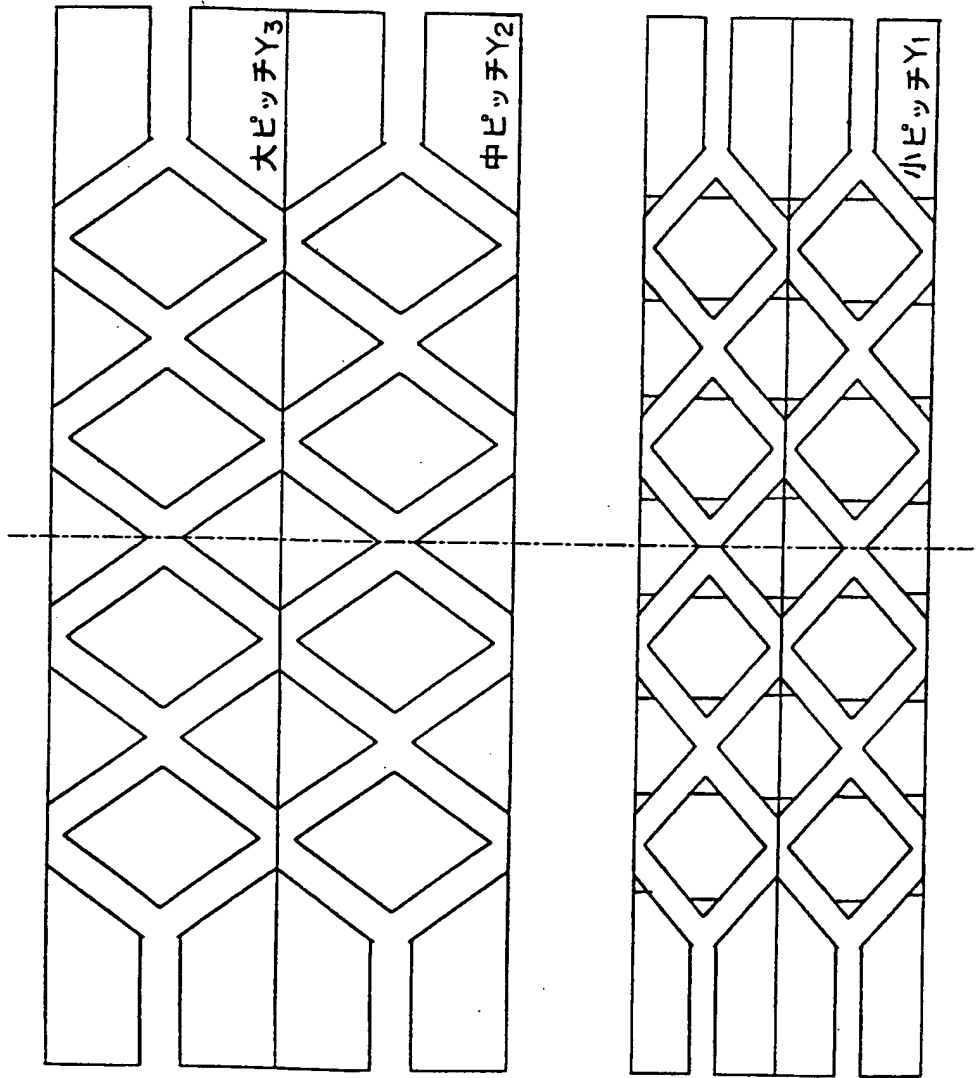


図 3 7 A

図 3 7 B

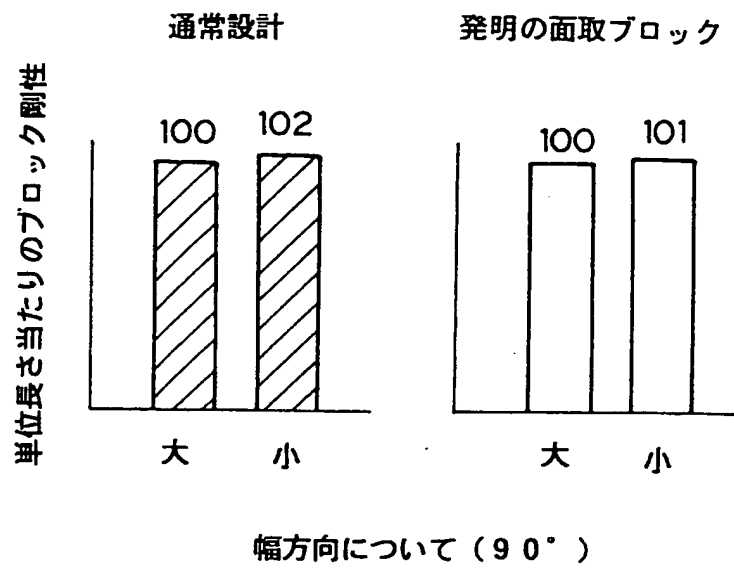


図 38

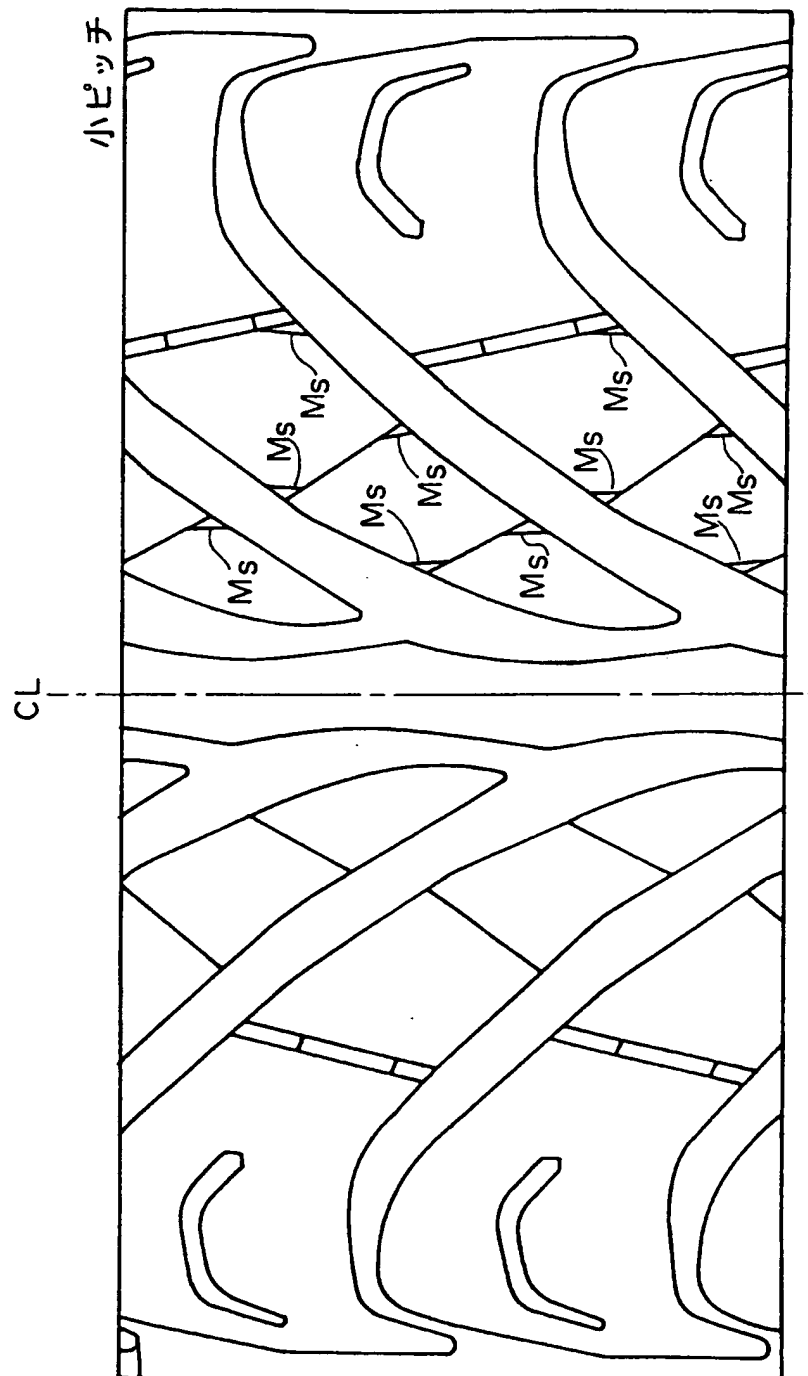


図 39

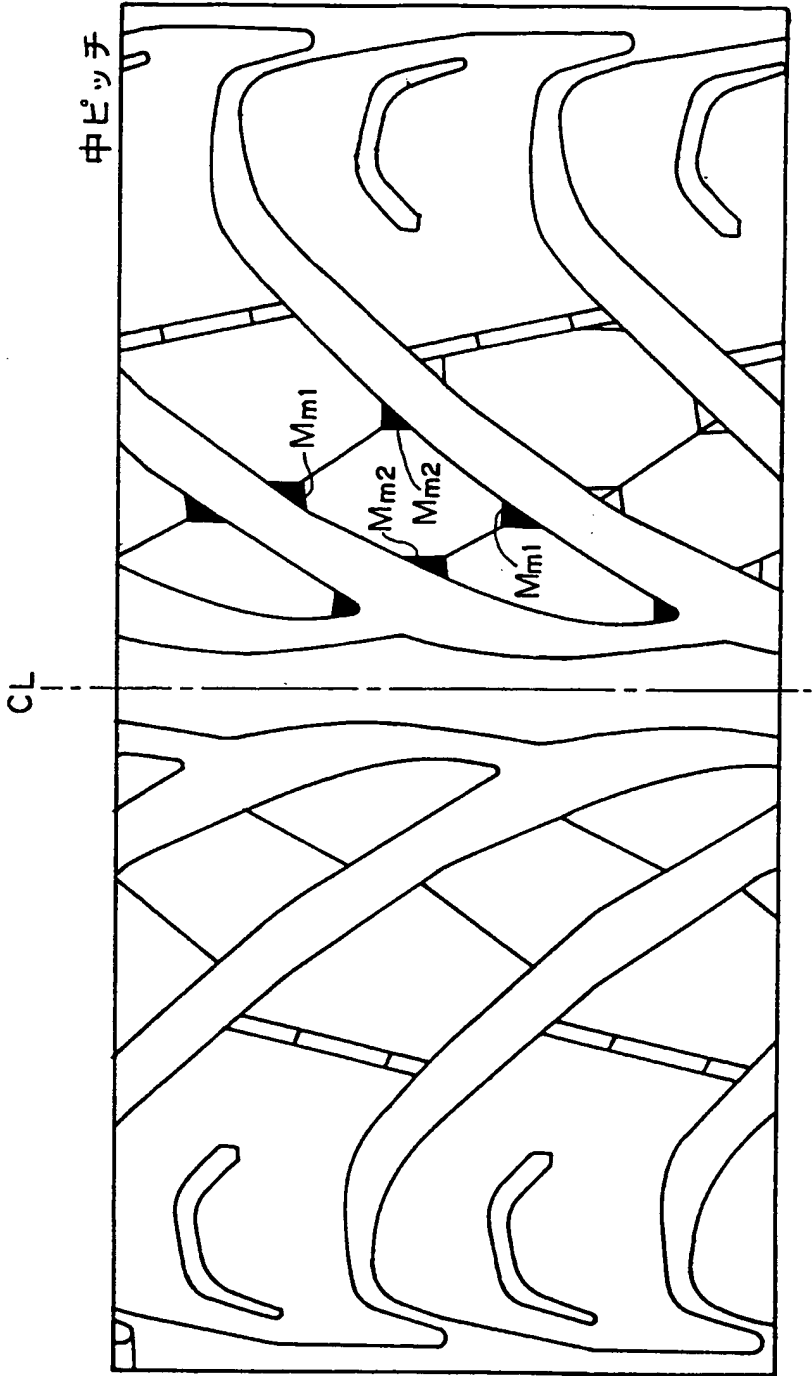


図 4 0

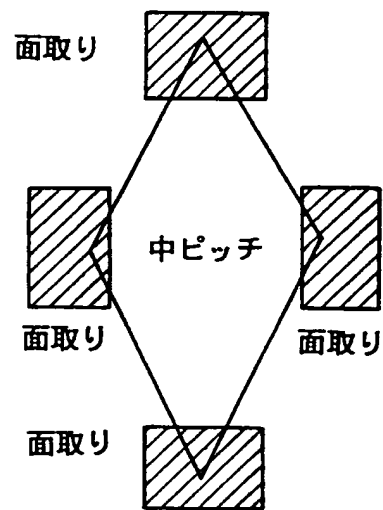
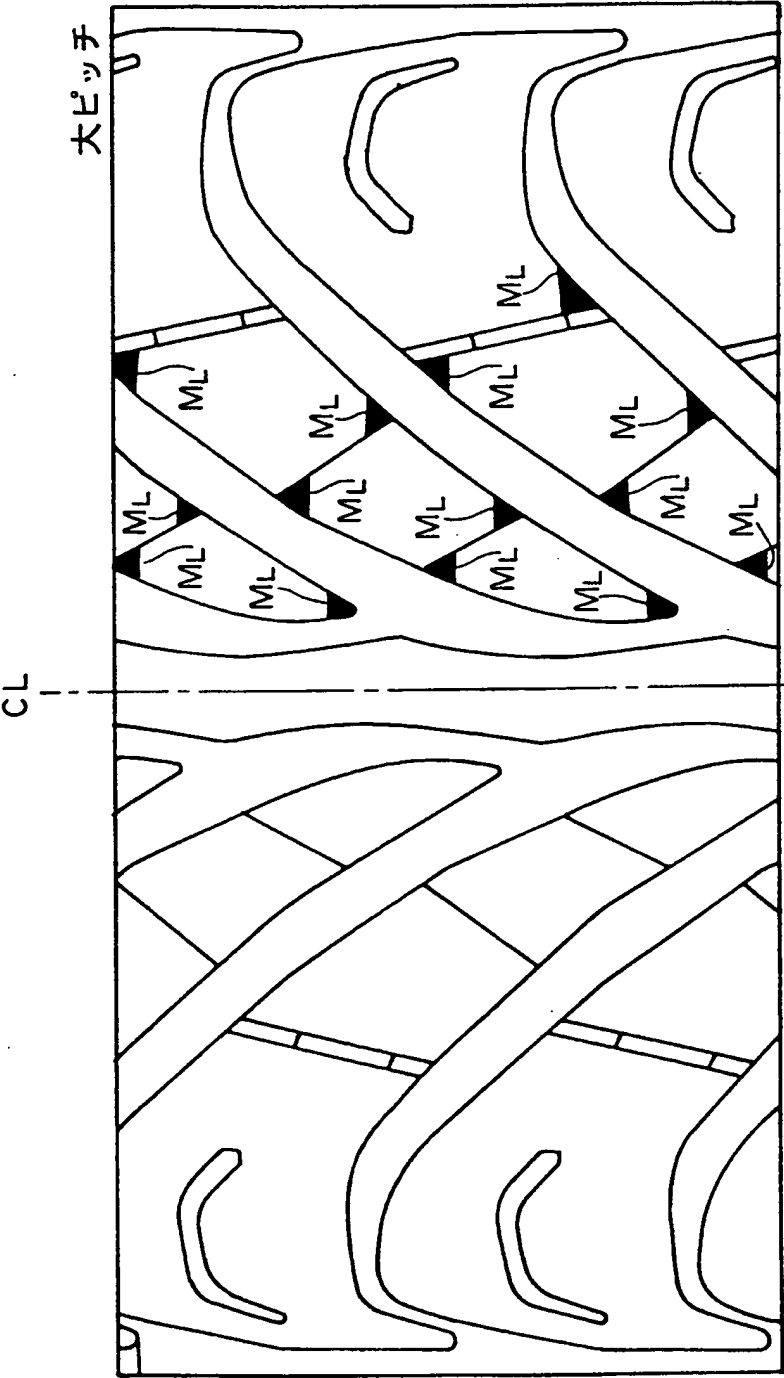


図 4 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/04883

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁶ B60C19/00, B60C11/00, G06F17/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁶ B60C11/00-19/00, G06F17/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1965-1997 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1995-1997
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1996

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 6-143940, A (Sumitomo Rubber Industries, Ltd.), May 24, 1994 (24. 05. 94), Page 4, right column, lines 39 to 42 & EP, 588623, B1 & US, 5431208, A & DE, 69308704, E	1-7
A	JP, 62-157810, A (The Yokohama Rubber Co., Ltd.), July 13, 1987 (13. 07. 87), Page 1, lower left column, lines 5 to 14 (Family: none)	1-7
A	JP, 1-195103, A (Sumitomo Rubber Industries, Ltd.), August 7, 1989 (07. 08. 89), Page 1, lower left column, line 4 to lower right column, line 19 (Family: none)	1-7
A	JP, 3-92403, A (Bridgestone Corp.), April 17, 1991 (17. 04. 91), Page 4, upper left column, lines 8 to 11 (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
March 31, 1998 (31. 03. 98)

Date of mailing of the international search report
April 14, 1998 (14. 04. 98)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/04883

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 2-127103, A (Sumitomo Rubber Industries, Ltd.), May 15, 1990 (15. 05. 90), Page 2, upper left column, lines 8 to 10 & EP, 367557, B1 & DE, 68912074, E	1-7
A	JP, 7-164815, A (Bridgestone Corp.), June 27, 1995 (27. 06. 95), Page 2, left column, lines 2 to 24 & EP, 647911, A1 & US, 5559729, A	1-7
A	JP, 7-52610, A (Bridgestone Corp.), February 28, 1995 (28. 02. 95), Page 2, left column, lines 2 to 40 & US, 5617341, A & US, 5717613, A	1-7
A	WO, 94/16877, A1 (Bridgestone Corp.), August 4, 1994 (04. 08. 94) & US, 5710718, A & EP, 642916, A1	1-7
A	JP, 7-149114, A (Sumitomo Rubber Industries, Ltd.), June 13, 1995 (13. 06. 95), Page 2, right column, lines 38 to 49 & EP, 655353, B1 & DE, 69401421, E	1-7
A	JP, 7-186623, A (The Yokohama Rubber Co., Ltd.), July 25, 1995 (25. 07. 95), Page 2, left column, lines 3 to 15 (Family: none)	1-7
A	JP, 2-147414, A (Sumitomo Rubber Industries, Ltd.), June 6, 1990 (06. 06. 90), Page 1, lower left column, lines 4 to 19 (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ B60C19/00, B60C11/00, G06F17/50

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ B60C11/00-19/00, G06F17/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1965-1997年
 日本国公開実用新案公報 1971-1996年
 日本国登録実用新案公報 1995-1997年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 6-143940, A (住友ゴム工業株式会社), 24. 5月. 1994 (24. 05. 94), 第4頁右欄第39-42行 &EP, 588623, B1 &US, 5431208, A &DE, 69308704, E	1-7
A	JP, 62-157810, A (横浜ゴム株式会社), 13. 7月. 1987 (13. 07. 87), 第1頁左下欄第5-14行 (ファミリーなし)	1-7
A	JP, 1-195103, A (住友ゴム工業株式会社), 7. 8月. 1989 (07. 08. 89), 第1頁左下欄第4行-右下欄第19行 (ファミリーなし)	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
 31. 03. 98

国際調査報告の発送日
 14.04.98

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 石田 宏之 印
 3B 9258
 電話番号 03-3581-1101 内線 3320

C (続き). 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 3-92403, A (株式会社ブリヂストン) 17. 4月. 1991 (17. 04. 91), 第4頁左上欄第8-11行 (ファミリーなし)	1-7
A	JP, 2-127103, A (住友ゴム工業株式会社) 15. 5月. 1990 (15. 05. 90), 第2頁左上欄第8-10行 &EP, 367557, B1 &DE, 68912074, E	1-7
A	JP, 7-164815, A (株式会社ブリヂストン) 27. 6月. 1995 (27. 06. 95), 第2頁左欄第2-24行 &EP, 647911, A1 &US5559729, A	1-7
A	JP, 7-52610, A (株式会社ブリヂストン) 28. 2月. 1995 (28. 02. 95), 第2頁左欄第2-40行 &US, 5617341, A &US, 5717613, A	1-7
A	WO, 94/16877, A1 (株式会社ブリヂストン) 4. 8月. 1994 (04. 08. 94), &US, 5710718, A &EP, 642916, A1	1-7
A	JP, 7-149114, A (住友ゴム工業株式会社) 13. 6月. 1995 (13. 06. 95), 第2頁右欄第38-49行 &EP, 655353, B1 &DE, 69401421, E	1-7
A	JP, 7-186623, A (横浜ゴム株式会社) 25. 7月. 1995 (25. 07. 95), 第2頁左欄第3-15行 (ファミリーなし)	1-7
A	JP, 2-147414, A (住友ゴム工業株式会社) 6. 6月. 1990 (06. 06. 90), 第1頁左下欄第4-19行 (ファミリーなし)	1-7